

# **OEE - Aplicação transversal do indicador de gestão a empresa multinacional de componentes automóveis**

*Ana Cristina Rodrigues Fonseca*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Osswald



**Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial**

2017-06-26



*“Só temos um futuro, que será construído pelos nossos sonhos, se tivermos a coragem de desafiar o que está estabelecido”*

*Soichiro Honda*

## Resumo

*Overall Equipment Effectiveness*, como o próprio nome indica e, de uma forma simplista, mede a eficácia do equipamento. Não há nenhuma empresa que invista num equipamento e que não pretenda usufruir das capacidades do mesmo a 100%, caso contrário está a perder dinheiro.

Tendo isto em conta, a problemática abordada neste projeto, consiste, precisamente, em descobrir qual é a melhor forma de calcular este indicador. Qual é a metodologia que permite identificar mais perdas ou, num outro ponto de vista, mais oportunidades de melhoria. A Sodecia, empresa multinacional de componentes automóveis, pretende, enquanto Grupo, ter um indicador comparável do desempenho das suas diferentes Unidades. Um indicador de gestão que lhe permita tomar decisões estratégicas como: onde investir, onde alocar projetos de melhoria, referenciar melhores práticas, etc.

Um dos desafios passou por entender quais eram as potencialidades do indicador e quais as suas limitações. A primeira limitação identificada foi que o OEE não diz nada sobre o uso eficiente dos recursos disponíveis, apenas diz o que é esperado produzir sobre determinadas circunstâncias e se esse valor foi atingido ou não. Uma outra limitação é que o OEE foi desenvolvido para ser aplicado a pequenos grupos autónomos no chão de fábrica, como tal, as informações mais relevantes que se conseguem extrair deste indicador é quando se olha para a evolução temporal de um dado equipamento e se consegue identificar algum tipo de perda sistemática.

Vários são os indicadores derivados do OEE que visam colmatar estas e outras falhas. Contudo, aquele que pareceu mais pertinente para o projeto em causa foi o TEEP (*Total Effective Equipment Performance*), que tem em consideração as paragens causadas por fatores externos à fábrica, ou seja, o equipamento não está a produzir, mas não é por uma razão que as pessoas responsáveis pela produção ou manutenção possam influenciar. Este indicador é destinado aos gestores, que têm como função analisar e melhorar o sistema.

O principal ponto de controvérsia na definição do OEE é sobre quais as perdas que fazem sentido serem identificáveis. Para conseguir propor um modelo, investigou-se um conjunto de práticas que estão a ser aplicadas por diferentes indústrias atualmente e as práticas de quatro das unidades do Grupo. Apesar de não existir uma que pudesse ser considerada a ideal, todas contribuíram de alguma forma para a proposta final.

# OEE - Transversal application of the management indicator to a multinational company of automobile components

## Abstract

*Overall Equipment Effectiveness*, means exactly what the name says, it measures the effectiveness of the equipment. There is no company who wants to invest on an equipment and doesn't intend to use it 100% after, otherwise it is losing money.

Having this in mind, the problem addressed in this project, consists, precisely, in finding out what is the best way to calculate this indicator. Which methodology allows to identify more losses or, in other perspective, more improvement opportunities. Sodecia, multinational company of automobile components, intends, as a Group, to have an indicator that allows performance comparisons between its Units. A management indicator that shows where to take some strategic actions like investments, allocation of projects, referencing best practices, etc.

One of the challenges throughout the project was understanding what were the potentialities of the indicator and what were its limitations. The first limitation identified was that the OEE doesn't say anything about the efficient use of the resources available, it only says what is expected to produce under certain circumstances and if that value was reached or not. Another limitation is that the OEE was developed to be applied in small autonomous groups of the shop floor. For this reason, the most valuable information that can be extracted of this indicator is when one looks at a temporal development of a given equipment and a systematic loss can be identified.

Several indicators originated from OEE try to give a response to these and other limitations. However, the one which seemed more appropriate for this project was the TEEP (*Total Effective Equipment Performance*). This indicator has in consideration the stoppages caused by external factors to the factory. The equipment is not producing, but not for a reason that can be influenced by the people responsible for the production or the maintenance. TEEP is meant for the managers whose function is to analyze and improve the system.

The main point of controversy in the OEE definition is about which losses should be identifiable. To be able to propose a model, it was made a research on a set of practices that are being applied by different industries and the practices of four units of this Group. Although none of them was ideal, all contributed in some way to a final proposal.

## Agradecimentos

A realização deste projeto não teria sido possível sem o contributo de duas pessoas que me ajudaram a manter o foco e a motivação. Como tal, gostaria de deixar os meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor Paulo Osswald pelo acompanhamento e disponibilidade ao longo de todo o projeto.

Ao Eng.º David Pires, pelos *brainstormings*, pela orientação e por toda a transmissão de conhecimentos.

Aos meus Pais, pelo que tenho e por aquilo que sou hoje.

Aos meus amigos pela companhia e apoio ao longo deste percurso e sobretudo pela enorme amizade.

# Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Grupo Sodecia.....	1
1.2	Enquadramento do projeto e motivação .....	2
1.3	Método seguido no projeto .....	2
1.4	Estrutura da dissertação.....	3
2	Revisão Bibliográfica .....	4
2.1	Introdução ao <i>Lean Manufacturing</i> .....	4
2.2	TPM ( <i>Total Productive Maintenance</i> ).....	5
2.3	OEE ( <i>Overall Equipment Effectiveness</i> ).....	7
2.4	Diferenças na definição do OEE.....	12
2.5	<i>World Class</i> OEE.....	13
2.6	Indicadores de Gestão Alternativos.....	14
2.6.1	Alternativas que ampliam a abrangência do sistema de medição .....	14
2.6.2	Alternativas que ponderam diferenciadamente cada índice .....	15
2.6.3	Alternativas que ampliam a classificação de perda .....	16
3	Problema inicial em mais detalhe .....	18
3.1	Caraterização do negócio .....	18
3.2	Cálculo do OEE .....	20
3.2.1	Guarda, Portugal.....	20
3.2.2	London, Canadá (GTAC) .....	24
3.2.3	Pretoria, África do Sul .....	26
3.2.4	Oelsnitz, Alemanha .....	27
3.3	Principais diferenças.....	28
4	Solução proposta.....	31
4.1	OEE – Medir & Reportar.....	31
4.2	Variáveis críticas de controlo pelo OEE .....	32
4.3	Definições de Velocidade .....	37
4.4	Definições de Qualidade.....	40
4.5	Construção correspondente do OEE.....	41
4.6	OEE de Fábrica .....	43
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro .....	44
	Referências .....	46
	ANEXO A: Sodecia – Presença Global .....	48
	ANEXO B: Cálculo do OEE quando o tempo de ciclo ideal está mal definido.....	49
	ANEXO C: Centros de Competência Produto (PCC).....	50
	ANEXO D: <i>Tool &amp; Die</i> – A Rigorosa.....	51
	ANEXO E: Centro de Automação Técnica Global (GTAC).....	52
	ANEXO F: Questões colocadas às diferentes Unidades.....	53
	ANEXO G: Listagem do equipamento da Unidade da Guarda .....	54
	ANEXO H: Exemplo de dois registos de produção por turno da Unidade da Guarda.....	55
	ANEXO I: Guarda – <i>Excel</i> Diário .....	57
	ANEXO J: London – <i>Excel</i> Diário.....	60
	ANEXO K: Oelsnitz – <i>Excel</i> Diário .....	61

## **Siglas**

AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel

FTT – First Time Through

JIPM - Japan Institute of Plant Maintenance

KPI – Key Performance Indicator

MTBF - Mean Time Between Failures

MTTR - Mean Time To Repair

OEE – Overall Equipment Effectiveness

OEM - Original Equipment Manufacturer

OFE – Overall Factory Effectiveness

OLE – Overall Line Effectiveness

OOE – Overall Operations Effectiveness

OPE – Overall Plant Effectiveness

PIB – Produto Interno Bruto

PPM – Parte Por Milhão

SMED – Single Minute Exchange of Die

TEEP – Total Effective Equipment Performance

TPM – Total Productive Maintenance

TPS – Toyota Production System

VSM – Value Stream Mapping

WIP - Work in Progress



## Índice de Figuras

Figura 1 - 7 Muda (Baseado em: Ohno (1988)) .....	5
Figura 2 – Metodologia 5S (Fonte: Tovão (2015)) .....	6
Figura 3 – 6 Grandes Perdas (Baseado em: Nakajima (1988)) .....	8
Figura 4 - Estratificação dos tempos usados no cálculo do OEE (Baseado em: Nakajima (1988)) .....	9
Figura 5 - Quatro tipos de subsistemas (Fonte: Muthiah and Huang (2007)) .....	15
Figura 6 – Estratificação dos tempos usados no cálculo do OEE e de outros indicadores de gestão .....	17
Figura 7 – Exemplo do tipo de produtos fabricado pelo Grupo Sodecia nas unidades Auto (Fonte: Sodecia).....	18
Figura 8 - Exemplo do tipo de produtos fabricado pelo Grupo Sodecia nas unidades Moto (Fonte: Sodecia).....	19
Figura 9 - Instalações da Unidade da Guarda.....	20
Figura 10 – Garfos de caixas de velocidade .....	20
Figura 11 – Tampa da Caixa de Velocidades JXQ.....	20
Figura 12 – Bottom Cover, Rear Cover e Top Cover Assy C346 .....	20
Figura 13 – Encosto interior e exterior e assento banco passageiro .....	20
Figura 14 - OEE Global da Unidade da Guarda, 2017 .....	21
Figura 15 – Taxa de funcionamento ideal (unidades/hora) de diferentes peças em diferentes prensas da Unidade da Guarda .....	23
Figura 16 – Evolução temporal do OEE no equipamento LH Main Rail da unidade de London .....	25
Figura 17 – Códigos de paragens a registar – Pretoria, África do Sul .....	26
Figura 18 – Tempo de Produção Planeado vs Tempo Efetivo de Produção, Pretoria.....	26
Figura 19 – Análise gráfica daquilo que o OEE diz à Unidade de Oelsnitz.....	28
Figura 20 - Proposta de definição de perdas e respetivos indicadores .....	32
Figura 21 - Análise gráfica dos tempos de setup na Unidade da Guarda .....	34
Figura 22 - Efeitos da inclusão da manutenção preventiva nas perdas de disponibilidade .....	36
Figura 23 – Exemplo de uma melhoria de um tempo de ciclo ideal numa prensa do Grupo Sodecia.....	39
Figura 25 - Fases de desenvolvimento de um produto (Fonte: Sodecia).....	50
Figura 26 - Exemplos de ferramentas da A Rigorosa (Fonte: Sodecia) .....	51
Figura 27 - Exemplo de uma linha de montagem do GTAC (Fonte: Sodecia) .....	52

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – 8 Pilares de TPM (Baseado em: Almada-Lobo (2013)) .....	6
Tabela 2 – Comparação de diferentes perdas de um mês para o outro, em que a máquina tem o mesmo OEE (Fonte: Wudhikarn, Smithikul et al. (2010)) .....	15
Tabela 3 – Fórmulas usadas no cálculo do OEE pela Unidade da Guarda.....	22
Tabela 4 - Fórmulas usadas no cálculo do OEE Global pela Unidade da Guarda .....	24
Tabela 5 – Comparação do cálculo do Índice de Disponibilidade .....	27
Tabela 6 - Resumo das diferenças das Unidades em estudo .....	29
Tabela 7 – Manutenção Preventiva como paragem planeada e/ou não planeada.....	34
Tabela 8 - Exemplos de casos em que ter um aumento do OEE não é positivo.....	38
Tabela 9 – Principais tipos de Paragens que devem ser identificadas.....	41

## 1 Introdução

A indústria automóvel em Portugal constitui um pilar importante da economia portuguesa, contribuindo fortemente para o PIB nacional. De acordo com a AFIA, o setor de componentes automóveis agrega cerca de 200 empresas, gera cerca de 42.000 postos de trabalho, e exporta 84% da sua produção. É precisamente neste setor que se encontra a empresa Sodecia, sobre a qual serão apresentados mais alguns detalhes neste capítulo. É ainda feito um enquadramento do projeto proposto, enunciando os problemas e objetivos a atingir por este, o método seguido e a estrutura da dissertação.

### 1.1 Grupo Sodecia

A Sodecia é um grupo industrial português com sede na cidade do Porto. Nasceu em 1980 como uma empresa privada e, hoje em dia, opera a nível mundial como fornecedor de componentes metálicos para o ramo automóvel, nomeadamente em produtos como *Chassis*, *Powertrain* e *Body in White*.

Por todo o mundo, as grandes corporações crescem por fusões e aquisições, com vista a atingir a dimensão crítica que lhes permite competir à escala mundial e a Sodecia não é exceção. Atualmente, possui 37 unidades de negócio em 5 regiões do mundo: Europa, América do Sul, América do Norte, Ásia Pacífico e África, o que contribui para que seja uma corporação respeitada no setor.

No Anexo A, ainda que não inteiramente atualizado, estão discriminadas as diferentes especialidades de cada unidade de negócio, quer seja como fornecedores nos produtos anteriormente mencionados (desde construção de sistemas de suspensão e tanques de combustível a sistemas de segurança para automóveis), ou unidades de montagem de motocicletas (punhos de direção, suportes principais, pegas traseiras, apoios de pés, entre outros), uma unidade de *tool & die* (desenho e fabrico de ferramentas), ou ainda os quatro Centros de Competência Produto – PCC (onde há pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos) e um Centro de Automação Técnica Global – GTAC (onde desenvolvem linhas automatizadas que são enviadas para as diferentes unidades), que juntamente com a sede e escritórios comerciais, fazem parte do Grupo Sodecia. A tecnologia de produção aplicada vai desde estampagem (a quente; em alumínio, em aços macios de dupla fase, multifásicos e extra resistentes), corte fino, injeção de plástico, dobragem de arames e tubos, soldadura a laser, soldadura por projeção, soldadura por pontos, soldadura MIG, maquinaria CNC, *roll forming* a tratamento de superfícies e montagem.

O Grupo Sodecia é fornecedor da maioria dos OEM's (BMW, Chrysler, Mercedes-Benz, Fiat, Ford, GM, Honda, Mitsubishi Motors, PSA Peugeot Citroen, Porsche, Renault Nissan, Volkswagen) e a sua estratégia passa por dar ênfase à inovação e pela redução do tempo de resposta, apoiados por uma melhoria contínua de produtos e processos: “hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje!” (Masaaki 1986).

## 1.2 Enquadramento do projeto e motivação

Numa economia globalizada, a competitividade dita a necessidade de redução de custos nos processos produtivos. A inviabilidade do consumidor absorver esses custos faz com que as empresas recorram a diversas ferramentas de gestão e melhoria contínua, com o objetivo de aumentar a produtividade.

Ao longo de vários anos a empresa em estudo tem beneficiado da aplicação do conceito *Lean Manufacturing*, que abrange tanto os departamentos de produção como os departamentos não produtivos. Dentro do sistema, ferramentas como os 5S, SMED e projetos *Kaizen* têm sido aplicadas. O principal resultado destes conceitos *Lean* são os *standard works* (procedimentos e instruções para os operadores) que criam nos processos de produção, construindo uma vantagem competitiva para a empresa.

O TPM é mais uma das ferramentas que a administração quer, atualmente, implementar no Grupo para melhorar a área de manutenção. No entanto, a implementação sem critério desta filosofia pode traduzir-se em situações de fracasso e descrédito por parte dos colaboradores.

Sendo a Sodecia uma multinacional que cresceu por aquisições, é natural que tenha adotado o “*know-how*” de muitas dessas empresas e, apesar das vantagens associadas, isto também significa que não há uma padronização sobre como as coisas são feitas ou medidas. Neste contexto de múltiplos produtos, processos e metodologias, surge o desafio expresso na proposta do presente projeto, de definir um conjunto de regras, suportadas por estudos, que permitam desenvolver um único modelo de medição do OEE para as suas diferentes unidades.

O OEE, por definição, mede a eficácia de um equipamento e permite gerir a evolução dessa eficácia ao longo do tempo. Os cálculos não são particularmente complicados, mas exigem cuidados nos *standards* que estão a ser usados como base (Stamatis 2010). A empresa quer ir um pouco mais além e retirar do OEE informação que permita tomar decisões estratégicas como, por exemplo, saber onde investir, onde alocar projetos, onde fazer projetos de melhoria, nomeadamente o TPM, onde referenciar melhores práticas, etc. Este trabalho, pretende, precisamente, avaliar em que condições é que se pode usar o OEE para esse fim, com que detalhe é que identifica as perdas e em que situações é um indicador de gestão eficaz ou pode ser integrado num indicador de gestão eficaz a nível da estrutura do grupo.

Todo o projeto foi realizado na sede do Grupo, Sodecia - Participações SGPS, S.A., um escritório cujo conceito é de espaço aberto.

## 1.3 Método seguido no projeto

Este projeto teve como base um aprofundamento de conceitos do indicador de gestão, OEE. Como tal, a primeira parte consistiu numa extensa pesquisa bibliográfica da ferramenta proposta por Nakajima em 1988, quais as fórmulas utilizadas, que dados são necessários, que leitura se pode fazer dos resultados obtidos, quais as suas limitações, etc.

Após um conhecimento mais alargado sobre a temática, verificou-se como é que o Grupo Sodecia estava a calcular o indicador em quatro das suas unidades fabris. Envolveu compreender quais eram os processos e modelo de gestão utilizados nessas diferentes unidades e, assim, concluir que indicadores de eficácia de um processo específico podiam ser considerados significativos para uma unidade inteira. Apesar de se saber à priori que não estavam a ser usados os mesmos métodos, não se sabia em que é que diferenciavam uns dos outros.

Foi dado acesso a alguns documentos dessas quatro unidades fabris (Guarda, London, Oelsnitz e Pretoria) que se mostraram cooperantes em mostrar como o indicador em estudo estava a ser calculado. E foi realizada uma visita à unidade industrial da Guarda para uma perspetiva da diversidade de processos existentes. A partir daqui, fez-se uma interpretação dos resultados: o

que é que o OEE estava realmente a evidenciar e o que é que poderia fazer falta nos cálculos e tinha interesse que se tornasse visível. Será o OEE uma boa medida ou há algum método alternativo ou complementar mais indicado para este caso?

#### **1.4 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos distintos. No presente capítulo é feita a introdução do projeto com uma breve apresentação da empresa e objetivos propostos.

No segundo capítulo é feita uma revisão dos temas mais relevantes para suportar o desenvolvimento do modelo de gestão que permitirá medir a eficácia dos equipamentos. Inicia-se com uma breve contextualização sobre *Lean Manufacturing* e principais tipos de perdas, Manutenção Produtiva Total e respetivos pilares, contexto e funcionalidade do OEE, em que é que este consiste e como é calculado, inclusive cada um dos seus componentes e, ainda, alguns indicadores de gestão derivados do OEE que visam colmatar algumas das suas limitações.

No terceiro capítulo, inicialmente faz-se uma caracterização um pouco mais aprofundada do negócio da Sodecia, para que é que existe, quem são os clientes, que tipologia de procura e contratos tem, qual a tecnologia e/ou os equipamentos mais utilizados, etc. Analisou-se o modelo de cálculo do OEE da unidade da Guarda e quais eram os principais processos. Também se fazem algumas suposições com base nos dados registados nas outras três unidades. No fim, há uma conclusão sobre a amplitude das diferenças dos indicadores e dos valores medidos que indica o que deve ser tido em conta no desenvolvimento do “novo” modelo de cálculo.

No quarto capítulo analisam-se as vantagens e desvantagens de incluir indicadores dos tempos de utilização não efetiva dos equipamentos e como devem ser efetuadas algumas medições, nomeadamente do tempo de ciclo. É proposto um modelo final sobre como deve ser efetuado o cálculo do OEE individual do equipamento e, ainda, como devem ser aglomerados esses valores para integrarem um indicador de gestão eficaz a nível da estrutura do grupo.

No último capítulo, apresentam-se as conclusões da criação e desenvolvimento do “novo” modelo e algumas perspetivas futuras.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Introdução ao *Lean Manufacturing*

O conceito *Lean Manufacturing* surgiu na Toyota Japão como o Sistema Toyota de Produção (TPS) e baseia-se numa abordagem sistemática para identificar e eliminar o desperdício através da melhoria contínua. Womack and Jones (1996) definiram cinco princípios de *Lean Thinking*:

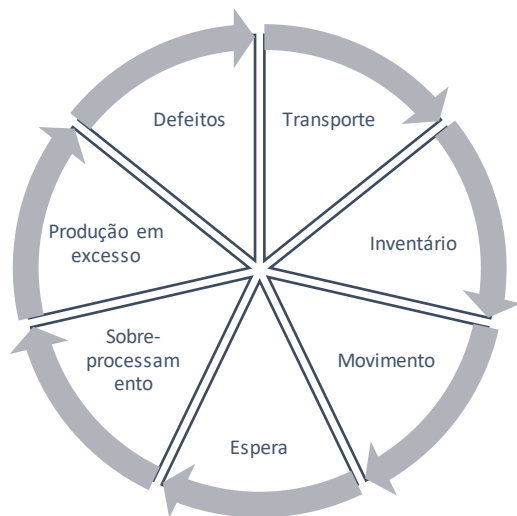
1. Identificar valor segundo a perspetiva do cliente;
2. Identificar o fluxo de valor (*Value Stream*) – para cada tipo de produto deve ser especificada a cadeia de valor, explicitando todos os processos necessários para desenvolver o mesmo e eliminando os que não acrescentam valor – Mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping*);
3. Fluxo Contínuo – depois de identificadas apenas as tarefas que acrescentam valor ao produto, deve ser criado o fluxo contínuo, produzir sem interrupções;
4. Produção Puxada (*Pull*) – produzir quando e na quantidade do que o cliente quer, reduzindo ao máximo o *stock*;
5. Perfeição – busca pela melhoria contínua dos processos, pessoas, produtos, etc., com o objetivo de agregar valor ao cliente.

Martin (2010) acentua que as organizações que têm melhor desempenho económico a médio prazo são aquelas que cultivam, em primeiro lugar, a criação de valor para o cliente. Valor pode ser definido como a diferença entre um conjunto de benefícios que os clientes esperam de um determinado produto ou serviço e o seu custo total. O que é que o cliente realmente quer? Pelo que é que está disposto a pagar? Em japonês, *Muda* significa desperdício e qualquer atividade que não acrescente valor é considerada um gasto e deve ser eliminada. Ohno (1988) identificou sete tipos de *Muda* como parte do TPS:

- **Transporte** – qualquer movimento de material que não suporte um fluxo de valor *Lean*. Alguns dos sinais são a existência de múltiplos movimentos de material, vários locais de armazenamento, o *layout* da instalação, ausência dos 5S e de controlo visual. Não há qualquer transformação do produto que o consumidor esteja disposto a pagar, o ideal seria eliminar o transporte.
- **Inventário** – seja na forma de matérias-primas, trabalho em curso (WIP), ou produtos acabados, representa um desembolso de capital que ainda não produziu uma renda e uma necessidade acrescida de espaço entre processos. É desperdício tudo o que não suporte um inventário *Just-In-Time*. Os principais sinais a que se deve estar atento são *lead time* longos, acumulação de material entre processos e retrabalho extensivo quando surgem problemas;
- **Movimento** – refere-se a qualquer movimento das pessoas que não adicione valor ao produto. Alguns exemplos são a procura de ferramentas e deslocações de um espaço para outro;
- **Espera** – tempo de espera em que nenhuma atividade está a ser realizada, os produtos não estão a ser processados nem transportados. Há várias causas para isto acontecer,

mas algumas delas são: falhas ou avarias do equipamento, perdas de tempo para mudança e ajustes (*setup*), espera ou pequenas paragens devidas a outras etapas do processo, a montante ou a jusante, redução de velocidade/cadência relativamente ao originalmente planeado, defeitos no processo (qualidade do produto), redução de eficiência no arranque e mudança de produto (produto não conforme ou desperdício de materiais) – 6 Grandes Perdas, elementos fundamentais para o cálculo do OEE;

- **Sobre-processamento** – ato de manipular, trabalhar ou lidar com um produto mais do que é necessário para concluir aquilo que é exigido pelo cliente, por exemplo, pintar áreas que nunca serão visíveis ou expostas a corrosão. Especificações e *standards* pouco claros ou inadequados à especificação do produto fazem com que os operadores não estejam cientes do que está a acrescentar valor ao produto ou até para que fim será usado e façam um sobre-processamento do mesmo.
- **Produção em excesso** – produzir algo que não precisava de ser produzido. Taiichi Ohno via a produção em excesso como o tipo de desperdício mais importante por encobrir a evidência de outros desperdícios. Nenhuma melhoria tem efeito se todo o processo em si for um desperdício de tempo por estar a tentar responder a uma procura que não existe;
- **Defeitos** – há várias formas de elementos defeituosos surgirem num processo de produção, seja pela matéria-prima adquirida, por ferramentas inadequadas, falta de formação dos operários, *design* não adequado dos produtos, etc. Uma das medidas implementadas, primeiramente, pela Toyota foi a permissão dada aos trabalhadores de pararem a linha de produção sempre que um defeito ocorresse. A suposição é que os defeitos não são ocorrências aleatórias, mas sintomas de problemas sistemáticos que se repetirão se não se localizar a fonte do problema e não forem tratados.



Existe uma interdependência entre os diferentes tipos de desperdícios. Por exemplo, quanto mais se produz, mais inventário se tem e mais os trabalhadores se têm que mover para lidar com todas as coisas extras. Às vezes resolver um problema, pode resolver várias outras questões que estejam relacionadas.

Para eliminar os desperdícios deve haver um foco nos princípios de *Lean Thinking* e em como o valor é percebido pelo cliente. Muitas vezes as organizações têm atividades não valorizadas, mas necessárias, bem como atividades não valorizadas e não necessárias (Stamatis 2010).

Figura 1 - 7 *Muda* (Baseado em: Ohno (1988))

## 2.2 TPM (*Total Productive Maintenance*)

A Manutenção Produtiva Total é uma metodologia que visa melhorar a eficácia do sistema de produção através de um conjunto de atividades de manutenção que eliminem desperdícios ou perdas e preservem a qualidade dos produtos. Esta abordagem reúne operadores e técnicos de manutenção numa única equipa cujo objetivo é identificar as tarefas responsáveis pelos atrasos e não conformidades prejudiciais à produtividade. Deixa de fazer sentido uma separação tão notória entre operadores e técnicos. Quando necessário, os operadores podem efetuar pequenas reparações de forma autónoma, evitando uma longa paragem da produção por se ter que contactar o departamento da manutenção.

O TPM está assente em 8 pilares, em que alguns variam de autor para autor, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – 8 Pilares de TPM (Baseado em: Almada-Lobo (2013))

1. Kobetsu Kaizen Melhoria Contínua	Melhoria contínua com o objetivo de eliminar todo o tipo de perdas que reduzem a eficácia global do equipamento (OEE).
2. Jishu Hozen Manutenção Autónoma	Melhoria da eficácia dos equipamentos através de pequenas tarefas (limpeza, lubrificação, etc.) por parte dos operadores.
3. Keikaku Hozen Manutenção Planeada	Estruturação do planeamento das intervenções de manutenção, minimizando as paragens por avaria e aumentando a disponibilidade dos equipamentos.
4. Kyoiku, Kunren Formação e Treino	Promover uma estratégia de formação e treino para todos os colaboradores envolvidos de forma a aumentar a sua eficácia e as suas aptidões no desempenho das respetivas atividades.
5. Shoki Kauri Gestão Antecipada	Centra-se em técnicas de planeamento de projetos com o objetivo de diminuir as fases de arranque de fábricas e produtos, otimizando o tempo para o seu desenvolvimento.
6. Hinshitsu Hozen Manutenção da Qualidade	Compreende atividades que se destinam a manter o equipamento em condições de obter produtos conformes.
7. Jimu Kausetsu TPM Office	O TPM não se pretende estender a processos da empresa não relacionados com o equipamento (administrativos, comercial, etc., como o <i>Lean Office</i> ), mas especificamente aos processos de suporte da área de manutenção.
8. Ansen Eisei Segurança e Ambiente	O TPM não pretende ser um processo autónomo relacionado com a segurança e ambiente que se sobrepõe a toda a empresa, mas sim assegurar as questões específicas da manutenção não cobertas por um sistema mais geral.

A base de sustentação para qualquer pilar do TPM, ou seja, para qualquer projeto de melhoria contínua, são ferramentas de gestão tais como: *5S*, *Ishikawa*, *Deming Cycle* e *5 Why's*. A título de exemplo, a Figura 2 mostra as práticas do *5S*.



Figura 2 – Metodologia 5S (Fonte: Tovão (2015))

O *5S* cria um ambiente de trabalho limpo e organizado e promove uma cultura de disciplina e estabilidade, que permite a implementação bem-sucedida do TPM, já que este impacta fortemente a rotina de trabalho dos colaboradores e envolve um grande processo de mudança cultural.



## 2.3 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

Um método de medição que é comumente usado pelas empresas no seu caminho para uma produção *Lean* é o OEE. Existe uma ligação explícita entre OEE, TPM, *Lean* e melhoria contínua, dado que o OEE foi proposto especificamente no âmbito do TPM como um mecanismo para a sua aplicação efetiva o que, em consequência, promove a criação de uma cultura de melhoria contínua e *Lean* (Belekoukias, Garza-Reyes et al. 2014).

O objetivo de implementar a metodologia do TPM é adquirir produtividade e qualidade globalmente melhoradas através do uso eficaz dos equipamentos de produção e o OEE é uma medida de desempenho que determina a taxa de eficácia do equipamento (Chan, Lau et al. 2005).

O desempenho de uma fábrica depende, em grande parte, da eficácia do seu equipamento. Dal, Tugwell et al. (2000) sugeriram que o OEE poderia ser usado como “*benchmark*” do desempenho de uma fábrica. A medida inicial pode ser comparada com valores futuros, quantificando o nível de melhoria alcançado.

Jonsson and Lesshammar (1999) acrescentam que o OEE é um complemento importante para os tradicionais sistemas de medição de desempenho de cima para baixo por ser o oposto. O OEE foi desenvolvido tendo como foco o equipamento individual e, esse foco, não deve ser num único registo diário, mas na evolução do indicador ao longo do tempo para verificar se os esforços de melhoria contínua tiveram algum efeito na eficácia do equipamento.

Contudo, é importante diferenciar dois conceitos que são largamente usados, ainda que de forma errada, quando se refere OEE: eficiência e eficácia. A eficiência mede um rácio entre *input* consumido para um certo *output*. Uma operação foi realizada de forma eficiente quando consumiu o mínimo de recursos na obtenção de um determinado resultado. A eficácia, para se medir como um rácio, refere-se aos eventos em que se conseguiu o esperado, face àqueles em que isso não sucedeu. Avalia até que ponto se alcançou um determinado resultado, independentemente da forma como foi obtido. O OEE é uma medida de eficácia cuja forma mais simples e rápida de calcular é obtida por:

$$OEE (\%) = \frac{\text{Tempo de Ciclo Ideal} \times \text{Produção OK}}{\text{Tempo de Produção}} \quad (2.1)$$

A única informação necessária para calcular o OEE desta forma é a apresentada na Equação 2.1, o número de peças que vão de encontro às especificações do cliente, quanto tempo estava planeado produzir essas peças e qual o tempo de ciclo ideal a que a máquina estaria a produzir. O OEE também pode ser calculado usando a taxa de funcionamento ideal, que é simplesmente o inverso do tempo de ciclo ideal e, por vezes, é preferível por ser mais intuitivo trabalhar com quantidades. Por exemplo, um turno de 8 horas em que a taxa de funcionamento seja de 10 produtos por minuto, é esperado que se obtenha um *output* de 4800 unidades, mas se a realidade for que, no fim do turno, só 2400 unidades preencheram os requisitos de qualidade, significa que a eficácia do equipamento (ou OEE) foi 50%. O que aconteceu às outras 2400 unidades que deveriam ter sido produzidas? Esta forma de cálculo não diz nada sobre onde ocorreram as perdas.

Neste contexto de identificação de perdas e, posteriormente, identificação de oportunidades de melhoria, Nakajima (1988) estratificou o OEE em três índices, índice de disponibilidade, índice de desempenho ou *performance* e índice de qualidade, conforme mostra a Equação 2.2.

$$OEE (\%) = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (2.2)$$

Todos os dias em que se obtém um OEE de 50%, estão a ser perdidas unidades de diferentes formas e cada perda tem uma estrutura de custo diferente. Perder 2400 produtos porque a máquina correu a metade da velocidade que teoricamente podia, é diferente de perder 2400 produtos porque saíram com defeito (Zepf 2013).

Nakajima (1988) identificou 16 Grandes Perdas; no entanto, o agrupamento em 6 Grandes Perdas era utilizado pelo JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) e também por Nakajima que as dividiu nos três índices de cálculo do OEE (disponibilidade, desempenho e qualidade) como se pode observar na Figura 3. O OEE olha para as 6 Grandes Perdas e para os seus fatores individuais e dá à fábrica números percentuais de onde o equipamento está a perder tempo, quer seja por ter demasiado tempo de inatividade, perdas de velocidade ou perdas de qualidade por produção que não vá de encontro às especificações.

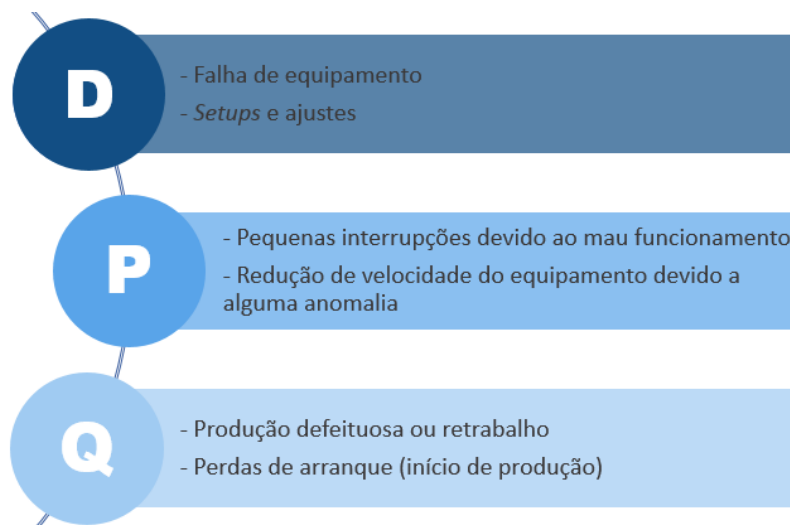


Figura 3 – 6 Grandes Perdas (Baseado em: Nakajima (1988))

Os problemas que ocorrem no processo produtivo, de acordo com Ljungberg (1998), podem ser divididos em duas categorias, sistemáticos e esporádicos, dependendo da frequência com que ocorrem. Os problemas sistemáticos costumam ser mais difíceis de identificar por serem vistos como o estado normal e por essa razão a sua identificação só é possível através da comparação do desempenho com a capacidade teórica do equipamento e é aí que entra o OEE.

Hansen (2001) acrescenta que o uso da métrica OEE e de um sistema disciplinado de relatórios de desempenho de equipamentos, ajuda qualquer área de produção a concentrar-se nos parâmetros críticos para o seu sucesso. Uma grande proporção dos custos totais de produção é atribuída a perdas de produção e a outros custos indiretos e “ocultos”. O OEE tem como objetivo revelar esses custos ocultos, quando aplicado em pequenos grupos autónomos no chão de fábrica.

Para efetuar o cálculo de cada uma das componentes do OEE e compreender as razões que impedem o equipamento de ser o mais eficaz possível, é necessário compreender os conceitos a elas associados.

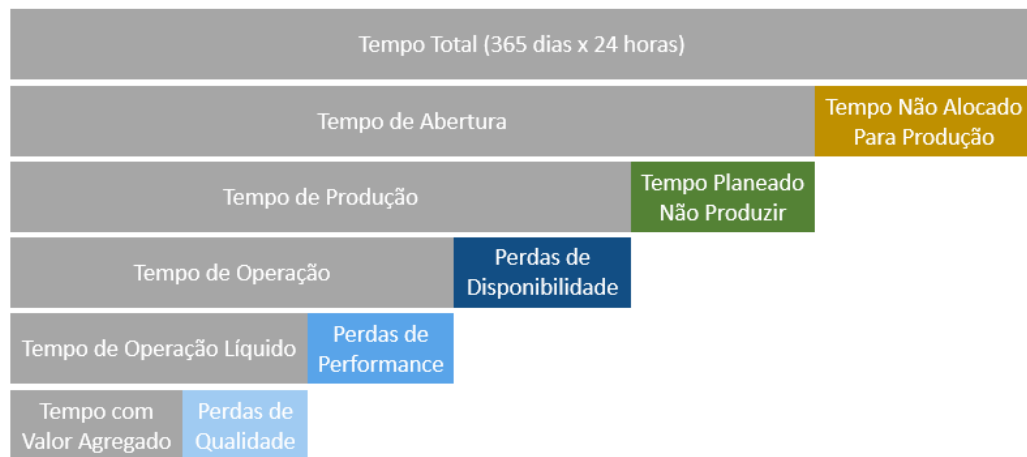


Figura 4 - Estratificação dos tempos usados no cálculo do OEE (Baseado em: Nakajima (1988))

Na Figura 4 observam-se essas diferentes componentes em que o tempo de abertura resulta da diferença entre o tempo total e o tempo não alocado para produção; o tempo de produção resulta da diferença entre o tempo de abertura e o tempo planeado não produzir; o tempo de operação da diferença entre o tempo de produção e as perdas de disponibilidade; o tempo de operação líquido da diferença entre o tempo de operação e as perdas de desempenho e o tempo com valor agregado da diferença entre o tempo de operação líquido e as perdas de qualidade.

### Definição de Tempo de Produção – Base do cálculo do OEE

O tempo total corresponde a 24 horas, 365 dias por ano, ou seja, é o tempo máximo que uma máquina poderia estar a trabalhar se não houvesse nenhuma condição que a impedisse.

O tempo de abertura, como o próprio nome indica, é o tempo que a fábrica está aberta (por exemplo, fins de semana e feriados não costumam entrar no tempo de abertura porque são aquilo que se designa de tempo não alocado para produção).

O tempo de produção, de uma forma simplista, é o tempo que a máquina é precisa para produzir. O facto de existir um tempo de calendário de 24 horas em que a máquina pode trabalhar, não significa que o deva.

Não tem interesse que a máquina esteja a funcionar e a produzir a todas as horas se houver uma restrição de mercado. Produção mais rápida que o *takt time* leva a excesso de produção e stocks e a produção *Lean* consiste em produzir apenas o que é necessário, quando é necessário e na quantidade necessária, sendo mais conhecida pela falta de inventário. De todos os desperdícios na indústria, o excesso de produção é possivelmente o pior de todos por levar a todos os outros tipos de desperdícios secundários.

No TPS, graças ao sucesso da Toyota, não se colocava este problema. A procura é variável o que implica estar a rever em permanência o tempo de produção; na prática isso não acontece facilmente e, por essa razão, este tempo reflete-se frequentemente no desempenho. A produção deixa de ter que produzir ao mesmo ritmo, passa a produzir a um ritmo mais lento.

## Índice de Disponibilidade

Corresponde à percentagem de tempo que o equipamento esteve efetivamente a trabalhar (tempo de operação) face ao seu tempo de produção planeado, ou seja, mostra quanto tempo a máquina esteve disponível quando era precisa para produção. O índice de disponibilidade tem em conta as duas primeiras perdas das Seis Grandes Perdas, falhas e *setup*/ajustes. Se as medidas do equipamento forem coletadas manualmente, só se registam, para este índice, paragens com tempos maiores que 5 – 10 minutos (Högfeldt 2005). Basicamente, incluem qualquer evento que pare a produção planeada por um tempo considerável, o suficiente para o operador conseguir apontar uma razão. O tempo de operação é o tempo de produção menos a soma de todos os tempos de indisponibilidade no intervalo de tempo em que estava previsto produzir, Equação 2.3.

$$D (\%) = \frac{\text{Tempo de Produção} - \text{Perdas de Disponibilidade}}{\text{Tempo de Produção}} \quad (2.3)$$

Em termos de eficácia, disponibilidade significa produzir como planeado, manter a máquina a correr no tempo que era suposto minimizando paragens. É importante ter códigos das falhas para que seja realmente registado no OEE a causa de a máquina ter parado. A principal razão para medir o OEE é reduzir o tempo perdido na produção, se realmente se souber o porquê é mais fácil de corrigir.

## Índice de Desempenho (ou *Performance*)

Existe flexibilidade para definir o limite entre uma perda de disponibilidade e uma perda de desempenho. A distinção entre as duas deve ter em conta o que é exequível em termos de registo e tratamento de registo, o que implica uma análise estatística dos registos existentes e verificar se se pode dispensar algum e se há tempo de registar e tratar outros.

Uma boa regra inicial é definir um tempo a partir do qual as paragens que forem inferiores a esse tempo são consideradas perdas de desempenho, tempo de inatividade não registado. O operador não perde tempo a assinalar a causa e tenta resolver a paragem por si. As que forem superiores a esse tempo pré-definido são consideradas perdas de disponibilidade. O operador não pode fazer nada para resolver a paragem e reporta o problema para a manutenção. Pedir para registar todas as paragens causaria um elevado nível de *stress* ao operador que seria contraproducente. No entanto, este tempo pré-definido de registo, não deve ser tomado como uma regra absoluta. Quando se estudam as microparagens (perda de desempenho, usualmente com menos de um minuto) é frequente que seja pedido ao operador para registar tudo o que acontece por escolha múltipla de tipologias esperadas.

O índice de desempenho tem em conta tudo o que faça com que o processo de fabrico seja executado a uma velocidade inferior à máxima possível, mede o rácio entre a velocidade real operacional do equipamento (que é a velocidade teórica menos as pequenas interrupções e as reduções de velocidade) e a velocidade máxima teórica. Pode ser calculado dividindo o tempo de operação líquido pelo tempo de operação, Equação 2.4.

$$P (\%) = \frac{\text{Tempo de Operação} - \text{Perdas de Desempenho}}{\text{Tempo de Operação}} \quad (2.4)$$

O tempo de ciclo ideal é o tempo de ciclo mais rápido que o processo pode alcançar em circunstâncias ótimas. Portanto, quando é multiplicado pela produção total, Equação 2.5, o resultado é o tempo de operação líquido. Os parâmetros podem ser expressos quer em tempo, quer em quantidade (recordando que o tempo de ciclo ideal é igual ao inverso da taxa de funcionamento ideal).

$$P (\%) = \frac{\text{Tempo de Ciclo Ideal} \times \text{Produção Total}}{\text{Tempo de Operação}} \quad (2.5)$$

Em termos de eficácia, desempenho significa produzir os produtos certos à velocidade certa. Quando se define um tempo de ciclo ideal mais elevado que o tempo de ciclo real é comum o índice de desempenho atingir valores superiores a 100%. Este tipo de erro permaneceria não detetável caso se estivesse a usar a fórmula simplificada de cálculo de OEE.

No Anexo B, é dado um exemplo em que o tempo de ciclo ideal não foi bem definido e o OEE é calculado quer pela fórmula simplificada, quer pela multiplicação dos três índices. É ainda feito um outro cálculo em que se limita o índice de desempenho a 100%. Com esta restrição, o tempo de ciclo ideal continua incorreto porque é um valor que já está a considerar perdas, mas permite observar a diferença no valor do OEE e pode ser útil fazer isto enquanto não se define um novo tempo de ciclo ideal.

Roser (2015) sugere que, no geral, existem três formas de definir o tempo de ciclo ideal:

1. Usar o *takt time*. Dividir o tempo disponível para produção pelo número de peças que o mercado procura.
2. Usar o valor dado pelo fabricante que vem nas especificações da máquina.
3. Medir o tempo entre a conclusão de uma parte até a conclusão da parte seguinte, para várias partes.

Koch (2003) afirma que é preferível ter um tempo de ciclo ideal mais baixo, mesmo que pareça um valor impossível de alcançar, para o índice de desempenho nunca exceder os 100%. Só poderá exceder se os princípios fundamentais da máquina ou do produto mudarem.

### Índice de Qualidade

O índice de qualidade é o FTT (*First Time Through*), ou seja, todas as peças produzidas que vão de encontro às especificações na primeira tentativa, a dividir pelo número total de peças produzidas, Equação 2.6.

$$Q (\%) = \frac{\text{Produção Total} - \text{Produção Rejeitada}}{\text{Produção Total}} \quad (2.6)$$

O índice de qualidade captura as duas últimas perdas das seis grandes perdas, perdas de tempo devido a partes rejeitadas e perdas de arranque para estabilizar o processo.

$$Q (\%) = \frac{\text{Tempo de Operação Líquido} - \text{Perdas de Qualidade}}{\text{Tempo de Operação Líquido}} \quad (2.7)$$

Ainda que a Equação 2.6 em que se divide o FTT pelo número total de peças seja a mais simples, o tempo com valor agregado pode ser calculado subtraindo as perdas de qualidade ao tempo de operação líquido, Equação 2.7, ou multiplicando o tempo de ciclo ideal pela produção que foi de encontro às especificações do cliente, Equação 2.8.

$$Q (\%) = \frac{\text{Tempo de Ciclo Ideal} \times \text{Produção OK}}{\text{Tempo de Operação Líquido}} \quad (2.8)$$

Produção rejeitada é toda aquela que não é conforme com as especificações à primeira tentativa, quer possa ser posteriormente corrigida (com um novo investimento, retrabalho), vendida a um preço inferior (como um produto de uma gama inferior), ou considerada sucata. A estratégia que se deve seguir entre recuperar o estado de conformidade dos produtos ou simplesmente recuperar as peças rejeitadas é uma questão de gestão e financiamento, completamente independente do cálculo do OEE. Em termos de eficácia, qualidade significa produzir sem defeito, sem retrabalho e sem desperdício.

Substituindo os índices da Equação 2.2, conclui-se que é igual à fórmula simples de cálculo de OEE, Equação 2.1. Apesar das claras desvantagens de manipulação fácil, definindo incorretamente o tempo de ciclo ideal por exemplo, e a não identificação de perdas; pode ser usada como uma forma de verificação do valor obtido ou para calcular o OEE nas máquinas que não estão a atrasar a produção e focar esforços nas máquinas que mais precisam no momento (o que nem sempre é claro).

O OEE é baseado no tempo e “tempo é dinheiro”. Uma máquina que esteja a correr com um tempo de ciclo de 1,5 segundos é o mesmo que dizer que produziu 40 produtos por minuto. Uma paragem de 5 minutos traduz-se na perda de 200 potenciais unidades. O OEE ajuda a criar este tipo de consciência a qualquer pessoa envolvida no processo de adição de valor. Dá uma linguagem comum a todos os envolvidos na fabricação e leva a melhorias (Zepf 2013).

## 2.4 Diferenças na definição do OEE

Como é que um indicador pode gerar tanta controvérsia sobre a forma como deve ser calculado? A estrutura base do OEE é bastante simples. A real particularidade está nos detalhes e, por isso, muitas vezes é mal interpretado ou aplicado incorretamente como resultado (Koch 2011).

Na literatura há uma série de estudos nos quais o OEE é usado com diferentes abordagens, dependendo dos pontos que são criticados e dos benefícios que se pretende que traga às empresas. Jasiulewicz-Kaczmarek and Piechowski (2016) afirmam que geralmente as diferenças na definição de OEE são principalmente resultado de:

- O que se considera perdas planeadas e perdas não planeadas;
- Área de implementação pretendida, por exemplo, máquina única, linha de produção, empresa;
- Características específicas da indústria.

Jeong and Phillips (2001) defendem que os cálculos originais de OEE, não são apropriados para negócios de capital intensivo e alertam para a necessidade de regular o esquema de perdas de acordo com a indústria em que se opera.

Koch (2011) diz que há vários grupos nos quais a indústria se pode dividir, mas devido às várias dinâmicas e inúmeros cenários de perda comum, faz uma distinção entre os seguintes tipos de produção: produção discreta (peças e partes como por exemplo garrafas, parafusos e porcas), produção de lote (fabricação de cerveja, fornos de tijolos, resina sintética, etc.), produção de processo (refinação, fornos de cimento, máquinas de papel).

No que toca à produção discreta de peças e partes as principais perdas de eficácia são na disponibilidade (por esperas e falhas) e no desempenho (por velocidades reduzidas e microparagens). Em processos em que a qualidade é dependente da velocidade e esta é controlável (variavelmente), os operadores quase que intuitivamente procuram um equilíbrio entre o funcionamento e a velocidade "certa", para produzir o menor número de peças com

defeito possível já que a qualidade é privilegiada. As máquinas têm muitas partes móveis e controles correspondentes, o que faz com que ocorram mais facilmente avarias ou um mau funcionamento. Em muitos casos, um número considerável das perdas de disponibilidade é causado pela espera de fornecimento ou transporte para e de outras partes do processo. Este é o ponto focal de "*Lean Manufacturing*".

Na produção por lote (a máquina não processa produto a produto, mas num lote) o cenário de perdas é diferente. As perdas de disponibilidade são sobretudo devido a esperas e tempos de *setup*, o desempenho é por velocidades reduzidas e há ainda as perdas de qualidade. Grandes quantidades de produtos são produzidas ao mesmo tempo. Os tempos de espera, por exemplo, para enchimento e esvaziamento ou limpeza da máquina entre as diversas cargas, podem ser extremamente longos. O desempenho pode ser severamente afetado porque a carga deve ser pré-aquecida ou homogeneizada primeiro, ou porque a máquina não está a utilizar a capacidade técnica completa, por exemplo, um tanque que não seja preenchido completamente. Além disso, o índice de qualidade pode ser afetado consideravelmente quando uma carga não atende às especificações e uma grande quantidade de produto é perdida de uma só vez.

Por último, na produção de processo (o produto sai do equipamento em fluxo contínuo) a perda ocorre sobretudo no índice de desempenho por velocidades reduzidas e no índice de qualidade por retrabalho, sub-especificações, *setup*, etc. Este tipo de produção geralmente envolve instalações extremamente complexas, por isso são tomadas medidas técnicas extensas para impedir que a máquina pare. Os componentes críticos são frequentemente instalados em duplicado e, dessa forma, um componente assume o lugar do que avaria ou requer manutenção. Além disso, as medidas são muitas vezes construídas para evitar a perda do produto. O produto defeituoso é reprocessado através de um canal de retorno, por exemplo. Embora nem sempre seja fácil de identificar, neste tipo de produção muitas vezes há consideráveis perdas ocultas de desempenho devido ao surgimento de uma espécie de "velocidade média prática" para os vários componentes. Além disso, de acordo com a definição OEE, todas as saídas que não são produzidas de acordo com a especificação são perda.

## 2.5 World Class OEE

Nakajima (1988) afirmou que os números mínimos que as companhias deveriam tentar alcançar, na sua área de competência – indústria automóvel e produção discreta - correspondiam a uma disponibilidade de 90%, desempenho de 95% e qualidade de 99%, resultando num OEE de 85% (*World Class OEE*). No entanto, é importante desmitificar a ideia de que se deve avaliar o sucesso ou insucesso com base num único valor de OEE, até porque aquilo que é considerado ideal varia de autor para autor e de empresa para empresa e o OEE pode ser facilmente manipulado para se obter números “agradáveis” (ainda que não haja qualquer vantagem). Numa fábrica que tenha um OEE baixo, e em que alguém queira substituir equipamentos para corresponder ao nível de serviço que lhe é solicitado, é possível manipular os fatores no cálculo do OEE para que transparea que as máquinas existentes já não têm capacidade de melhoria.

Mais importante do que o seu valor percentual, é seguir a tendência ao longo do tempo e focar a atenção na capacidade de melhoria através da identificação do máximo possível de perdas. Há ainda quem afirme que um OEE alto não é necessariamente o melhor para a empresa. Dependendo das circunstâncias, um OEE de 60% pode ser melhor que um OEE de 90%. Por exemplo, numa linha de produção, com um desequilíbrio de dimensionamento, em que há um equipamento que é claramente mais eficaz que os restantes, a sua velocidade deve ser ajustada à velocidade dos restantes, o que faz com que o seu OEE diminua. Não é necessariamente algo mau porque ter um OEE alto nesta situação iria traduzir-se numa acumulação de material indesejada. A vantagem do OEE (60%), neste caso, é chamar a atenção para a melhoria potencial de dimensionar corretamente a capacidade de linha (por exemplo levando aquela

máquina para outro sítio onde possa ser utilizada em pleno e substituí-la por um equipamento com a capacidade ajustada às restantes).

## 2.6 Indicadores de Gestão Alternativos

O OEE pressupõe o objetivo de otimizar a disponibilidade de cada equipamento, isoladamente, e de o fazer de baixo para cima, ou seja, a partir do chão de fábrica e do operador. Nakajima (1988) quando desenvolveu o OEE pensou apenas a nível do equipamento, como tal existe um conjunto de limitações que decorrem disso. Querer utilizá-lo noutros contextos e para retirar outras conclusões pode induzir em erros graves. Koch (2011) vai ainda um pouco mais longe ao afirmar que o cálculo do valor de OEE de qualquer coisa que não seja uma máquina ou uma linha automatizada é inútil e que há medidas de desempenho de uma fábrica ou departamento como um todo melhores, embora seja um erro muito comum usar o OEE para comparar diferentes processos, fábricas ou máquinas. O OEE é um bom indicador para o TPM uma vez que foi para isso que foi pensado, para quem se ocupa da manutenção e do que ela pode influenciar. O TPM não aborda todos os restantes temas da gestão de uma empresa e, por isso, é errado reduzir toda a gestão ao OEE.

Jonsson and Lesshammar (1999) advertem que a maioria das empresas utiliza de forma incorreta os indicadores de desempenho ou falham na escolha de tais indicadores. Apontam duas características sobre o modo como o desempenho global deve ser medido: o potencial da sua utilização no direcionamento das melhorias e a simplicidade ou facilidade de acesso. Apontam ainda a necessidade de cada organização desenvolver o seu próprio sistema de forma dinâmica e interativa, porque não há nenhum que satisfaça plenamente todas as dimensões.

### 2.6.1 Alternativas que ampliam a abrangência do sistema de medição

Jonsson and Lesshammar (1999) salientaram que apesar da medição do OEE do equipamento trazer várias vantagens, tal é insuficiente. Uma linha ou uma célula com muitas máquinas e diferentes operações deve ser observada como uma unidade, em que o mau funcionamento de uma das máquinas compromete tudo o resto. Também consideram que um dos pontos fracos do OEE é só focar numa máquina e ignorar a relação que existe com as restantes que se encontram a jusante e a montante na linha de produção.

É necessário prestar atenção ao desempenho da fábrica como um todo, uma vez que o objetivo final é um sistema altamente eficaz, não ferramentas individuais brilhantes. Desta forma, surgem vários indicadores, na literatura, derivados do OEE que tentam responder a esta limitação: OLE (*Overall Line Effectiveness*), OFE (*Overall Factory Effectiveness*), OPE (*Overall Plant Effectiveness*), OTE (*Overall Throughput Effectiveness*), entre outros.

Nachiappan and Anantharaman (2006) propõem o cálculo do *Overall Line Effectiveness* (OLE), uma extensão do OEE para o cálculo do desempenho global da linha. Era necessária uma medida que fizesse o que OEE faz, mas a nível de linha, ou seja, que medisse o desempenho da linha e pudesse ser usado para identificar o *bottleneck* e a capacidade escondida. É um método que tenta criar relações entre as máquinas. Por exemplo, o tempo de operação da 1ª máquina vai ser o tempo disponível para produção da 2ª máquina. O *output* de bons produtos da 1ª, será o *input* de produtos da 2ª máquina, etc.

Para levar a ideia da medição do OEE ao nível de toda a fábrica, existe a proposta do *Overall Factory Effectiveness* (OFE) – ou *Plant OEE*, como chamado por Högfeldt (2005) – de avaliar o desempenho global da mesma. Este método é uma abordagem simplificada, em que se calcula um indicador global para um conjunto de equipamentos como uma média dos resultados individuais de cada equipamento, como se a ineficiência de cada um fosse independente das condições de operação dos demais.



Uma variante do OFE é o *Overall Throughput Effectiveness* (OTE) que, tal como o OLE, considera a forma de conexão existente entre os equipamentos. Muthiah and Huang (2007) sugerem que os subsistemas que constituem uma fábrica podem assumir quatro tipos básicos de configuração – equipamentos em série, em paralelo, montagem alimentada por múltiplos equipamentos e equipamento que fornece para vários outros, sendo que no cálculo do OTE para cada tipo de subsistema é preciso observar como é que a produção total é limitada pela capacidade dos recursos restritivos e ineficiências encontradas no percurso do fluxo produtivo. Muthiah and Huang (2007) acrescentam que assim como a produção de equipamentos encadeados em série é limitada pelo *bottleneck*, para se obter o valor global do OFE de uma fábrica é necessário identificar o subsistema-*bottleneck* e verificar como restringe as saídas finais. Também é tido em conta a possibilidade de os diferentes subsistemas processarem vários produtos e realizarem retrabalho.

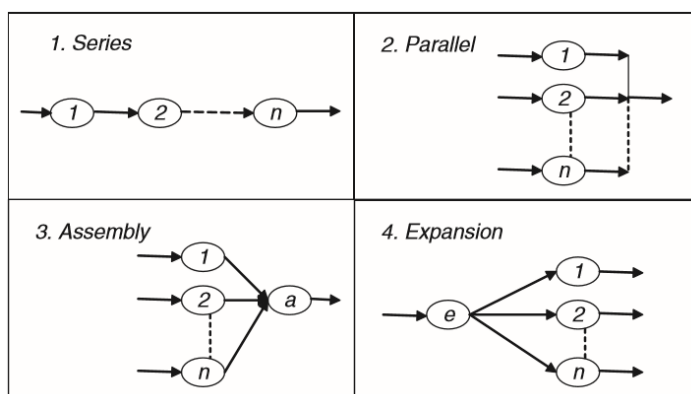


Figura 5 - Quatro tipos de subsistemas (Fonte: Muthiah and Huang (2007))

Tentar calcular o OEE de uma linha interpretando as relações que existem, ou seja, OLE, nunca seria suficiente pois como se pode observar, Figura 5, uma fábrica é composta por diferentes tipos de subsistemas. E tentar definir estes subsistemas, calculá-los e analisar as suas interações é um processo demasiado complexo e com uma forte probabilidade de erro. A literatura que se baseia no modelo do OEE para propor um indicador de desempenho mais abrangente, em geral, concentra-se na conceção de um modelo de cálculo que dificilmente se consegue pôr em prática. O desafio reside, portanto, em definir um indicador com uma estrutura que se adapte bem à realidade e às necessidades do sistema de produção, para que possa ser operacional.

### 2.6.2 Alternativas que ponderam diferenciadamente cada índice

A multiplicação dos índices é outro potencial problema que o OEE traz porque pode levar a conclusões erradas que aumentam os custos. Quem faz a análise pode, por engano, supor que o sistema de produção está a funcionar melhor só por ter um OEE superior a valores prévios, o que não é necessariamente verdade.

Normalmente a máquina com o OEE mais baixo é considerada uma prioridade para o TPM. No entanto, como o OEE não tem em conta os custos de produção, pode ser uma má priorização. Na Tabela 2 é dado um exemplo de uma máquina que manteve o mesmo OEE de um mês para o outro, mas as perdas foram diferentes.

Tabela 2 – Comparação de diferentes perdas de um mês para o outro, em que a máquina tem o mesmo OEE (Fonte: Wudhikarn, Smithikul et al. (2010))

Máquina	D	P	Q	OEE	Tipo de Perda
Fevereiro	70%	100%	100%	70%	Custos de oportunidade
Março	100%	100%	70%	70%	Custos de oportunidade, custos de serviço, custos de material

Observa-se que apesar do valor de OEE ser igual, a empresa teve mais custos quando o índice de qualidade diminuiu. Os fatores que afetam o OEE, disponibilidade, desempenho e qualidade, não são igualmente importantes em todos os casos e pesos diferentes devem ser tidos em conta (Raouf 1994).

Wudhikarn, Smithikul et al. (2010) desenvolveram um método modificado designado “*Overall Equipment Cost Loss Indicator*” que permite calcular um aumento nos lucros ou uma diminuição nos custos de uma percentagem crescente do OEE. Todos os resultados são apresentados em termos da unidade monetária permitindo uma classificação mais fácil das prioridades do problema. No entanto, este método exige a informação operacional acompanhada de informações financeiras, implica que haja dados sobre os custos das diferentes perdas. E compara resultados de curto prazo (faturação) com resultados de médio ou longo prazo (qualificação do fornecedor) e implica, ainda, estabelecer uma valorização dos custos intangíveis como por exemplo a reputação da empresa, o que é sempre subjetivo.

### 2.6.3 Alternativas que ampliam a classificação de perda

Ljungberg (1998) apontou que a definição de OEE de Nakajima não tinha em conta todos os fatores que reduzem a utilização da capacidade, como por exemplo, o tempo planeado não produzir, testes de produto, decisões resultantes da gestão do negócio, etc. Esta questão dá oportunidade para a gestão da produção considerar que algumas das perdas não são da sua responsabilidade, quando há quem defenda que deveriam ser.

Giraud, Zarlowski et al. (2011) alertam para a importância de providenciar meios de medida a quem pode atuar sobre eles. A equipa que está no chão de fábrica deve focar-se na parte que consegue e deve influenciar, ou seja, o tempo em que está a operar uma máquina que tem procura, o resto compete aos gestores.

Busso and Miyake (2013) apontam algumas dessas perdas, provocadas por causas além da competência dos responsáveis pela operação do processo produtivo:

- Causas comerciais: falta de procura ou reduzida procura;
- Problemas logísticos externos: falta de fornecimento, problemas com transporte, quedas de energia, água, gás, etc.;
- Regulamentações ambientais: quotas de produção estabelecidas em função de limites para emissão de dióxido de carbono, etc.;
- Causas naturais: condições climáticas adversas, desastres como tempestades e furacões;
- Causas relacionadas com a gestão do negócio que afetam a fábrica (*stocks*, logística interna, segurança, investimentos em novos produtos, testes de pesquisa e desenvolvimento, etc.).

É importante para os referidos gestores que podem atuar sobre estas causas, medir a capacidade de utilização ao mesmo tempo que se mede o OEE, subdividindo o tempo planeado não produzir nas diferentes causas. Na Figura 6 estão algumas formas diferentes de o fazer (Koch 2003):

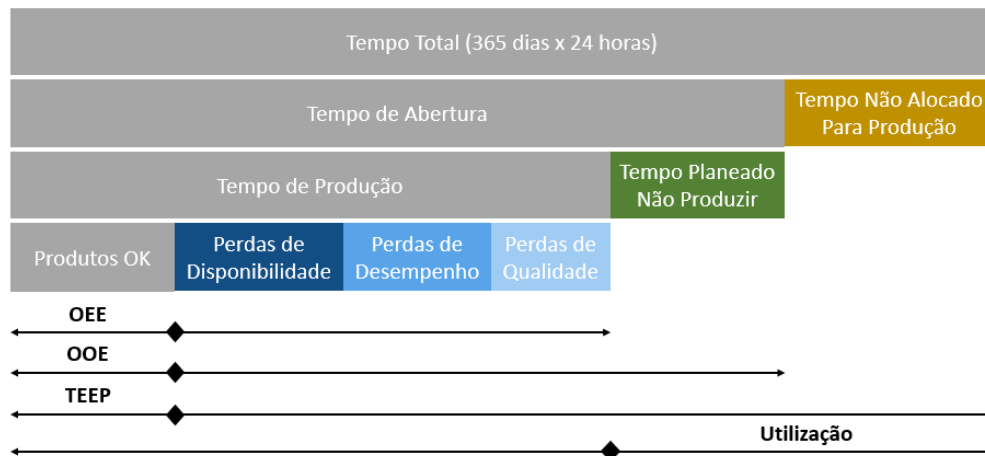


Figura 6 – Estratificação dos tempos usados no cálculo do OEE e de outros indicadores de gestão  
Fonte: Koch (2003)

Utilização é o rácio entre o tempo de produção e o tempo total disponível. Mostra o potencial de opções escondidas, por exemplo, a diferença entre ter 2 turnos ou 3 turnos.

O TEEP (*Total Effective Equipment Performance*) é percentagem do tempo total disponível que o equipamento está a funcionar e a produzir produtos que vão de encontro às especificações do cliente. É o rácio entre o tempo com valor agregado e o tempo total. Também pode ser obtido multiplicando o índice de disponibilidade, desempenho, qualidade e utilização. O OOE (*Overall Operations Effectiveness*), por sua vez, tem como base o tempo de abertura.

Tanto um indicador como o outro têm a vantagem de retirar a possibilidade de escolha que o OEE oferece entre o que são parâmetros planeados e o que não são, mostrando se se está a fazer uma boa utilização da capacidade real.

### 3 Problema inicial em mais detalhe

#### 3.1 Caracterização do negócio

A cadeia de abastecimento da indústria automóvel é composta por camadas distintas que por vezes se sobrepõem. No topo da cadeia estão os OEM's que são os fabricantes de automóveis responsáveis por todo o trabalho de *design* e integração e entregam o produto final ao mercado consumidor. Os OEM's são seguidos dos fornecedores de nível 1, que normalmente são considerados os fornecedores de sistemas e o contrato inclui o desenvolvimento do sistema. No entanto, um fornecedor que forneça diretamente peças para uma linha de montagem não precisa de ser necessariamente um integrador de sistemas, por isso, também podem ser definidos como os principais fornecedores que vendem componentes acabados para os OEM's. Posteriormente, existem os fornecedores de nível 2, que representam fornecedores-chave para os fornecedores de nível 1 e não fornecem diretamente os OEM's. Os seguintes fornecedores, os fornecedores nível 3 e 4, são empresas que fornecem as empresas de nível 2 e, geralmente, fornecem as matérias-primas básicas. A Sodecia classifica-se como um fornecedor de nível 1. Contudo, uma empresa pode ser um fornecedor de nível 1 para um OEM e também um de nível 2 para outro ou até mesmo um fornecedor de nível 1 para um produto e um fornecedor de nível 2 para um produto diferente do mesmo OEM.

Em relação ao planeamento de produção, a indústria automóvel funciona como um sistema *Pull*, o planeamento do cliente é integrado no planeamento do fornecedor. O contrato define expectativas de séries e amortização de investimentos e prazos de prontidão.

A Sodecia consolidou a sua experiência, sobretudo no desenvolvimento e produção de componentes estampados. Em termos de produtos para automóveis, podem observar-se alguns exemplos na Figura 7 e de produtos para motociclos na Figura 8.

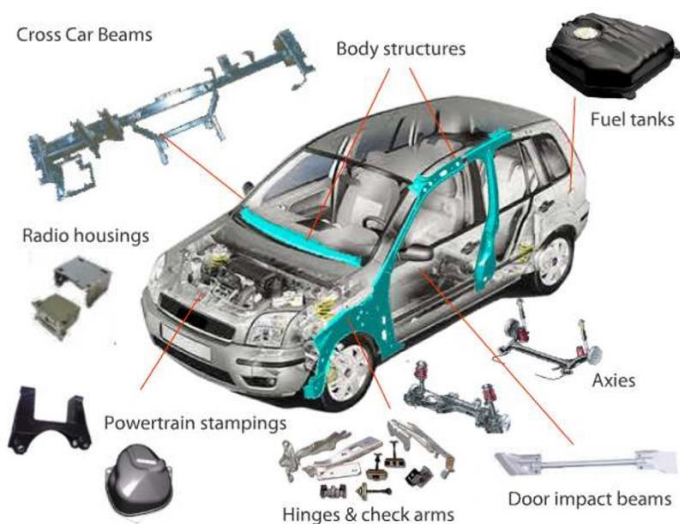


Figura 7 – Exemplo do tipo de produtos fabricado pelo Grupo Sodecia nas unidades Auto (Fonte: Sodecia)



Figura 8 - Exemplo do tipo de produtos fabricado pelo Grupo Sodecia nas unidades Moto (Fonte: Sodecia)

A tecnologia usada é diversificada, mas podem identificar-se cinco grandes áreas:

- prensas (*transfer*/progressivas, *tandem*) que variam entre 60 toneladas e 2500 toneladas (hidráulicas ou servo-freios);
- prensas de *fine blanking*, para cortar material mais espesso;
- todo o tipo de soldadura;
- linhas de tratamento de superfícies e de lavagem e limpeza de peças;
- linhas de montagem final robotizadas.

A busca de novas soluções em termos de materiais e de processos de transformação é uma realidade no dia-a-dia de toda a cadeia produtiva, o que leva a indústria a mudar, tanto na forma como na quantidade de aplicação de materiais mais leves e duráveis, como o alumínio, os compósitos, plásticos de alta resistência e os aços ligados com propriedades mecânicas diferenciadas. Os processos produtivos, sofrem alterações significativas de forma a serem capazes de transformar os novos materiais, surgindo tecnologias como “*Hot Stamping*”, “*Hydroforming*”, “*Roll Forming*”, etc.

Mediante esta realidade, há um investimento nos Centros de Competência Produto (PCC) do Grupo, Anexo C, que foram criados com o objetivo de desenvolver propostas de valor diferenciadoras, através do projeto de componentes para veículos (automóveis ou motociclos), criando e desenvolvendo novos produtos e processos, respondendo às solicitações das unidades industriais do Grupo e dos clientes a nível global. Estes centros localizam-se um em Portugal, dois na Alemanha e um nos USA.

O Grupo possui ainda uma unidade de *tool & die* - A Rigorosa, Anexo D, e um Centro de Automação Técnica Global (GTAC), Anexo E, onde desenvolvem ferramentas e linhas automatizadas, respetivamente, que são enviadas para as diferentes unidades.

As unidades mencionadas fazem parte do processo de desenvolvimento e contribuem para um dos pilares do TPM – Gestão Antecipada, ou seja, antes de o produto começar a ser produzido nas unidades fabris são estas unidades que atuam.

### 3.2 Cálculo do OEE

O estudo do OEE no Grupo foi feito sobre uma amostra da documentação de quatro unidades fabris que deram resposta: Guarda, London, Pretoria e Oelsnitz, complementada por uma visita à Unidade da Guarda e uma audioconferência com a Unidade de London.

A Unidade da Guarda trata-se da unidade mais antiga e é, possivelmente, a melhor representação do Grupo uma vez que, em termos de tecnologia, possui as cinco principais áreas anteriormente mencionadas (prensas, *fine blanking*, soldadura, linhas de tratamento de superfícies e linhas de montagem final robotizadas). Contudo, para verificação e comparação dos cálculos, eram necessárias mais algumas unidades: London, Canadá (GTAC) é a unidade mais automatizada, principalmente em processos de soldadura; Pretoria, África do Sul, foca-se apenas no *core business* da empresa, a estampagem; e Oelsnitz, Alemanha é uma das unidades onde o *Prodwin* para recolha de dados automática já está a ser utilizado. Apesar de ser uma das maiores unidades e com mais equipamentos do Grupo, os dados fornecidos por esta última foram de uma área muito específica, *fine blanking*, por se considerar que é a que está a funcionar melhor.

No Anexo F estão algumas das questões enviadas para os responsáveis das diferentes unidades, com o objetivo de clarificar quais os processos e modelo de gestão utilizados. A Unidade da Guarda foi a única que respondeu prontamente pelo que é feita, de seguida, uma análise um pouco mais detalhada à mesma.

#### 3.2.1 Guarda, Portugal



Figura 9 - Instalações da Unidade da Guarda

A fábrica da Sodecia Guarda, S.A. é uma de muitas do Grupo Industrial. No entanto, por questões de proximidade foi a única que foi possível visitar uma vez durante o desenvolvimento deste projeto. A produção é essencialmente para o mercado interno, apesar de abranger também alguns mercados externos, como alguns países da Europa e da América do Sul. Dos clientes destacam-se a Daimler (Mercedes), Renault, Visteon Electronics e Isringhausen.

Os principais produtos estão nas seguintes Figuras (Fonte: Sodecia Guarda):



Figura 10 – Garfos de caixas de velocidade



Figura 11 – Tampa da Caixa de Velocidades JXQ



Figura 12 – Bottom Cover, Rear Cover e Top Cover Assy C346

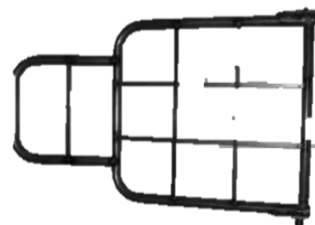


Figura 13 – Encosto interior e exterior e assento banco passageiro



Para a conceção destes produtos a unidade dispõe dos equipamentos listados no Anexo G e, como se pode observar, existe uma grande diversidade que, naturalmente, terá valores de eficácia e tipos de perdas distintas. Por esta razão, o objetivo de OEE é diferente de equipamento para equipamento. Quando questionados sobre como era definido, a resposta é que se tentava definir um valor realista de acordo com a história do equipamento e considerando o comportamento previsível desses equipamentos a médio prazo. No caso de ser feita alguma melhoria ou mudança no equipamento, redefinem o objetivo com base naquilo que esperam que aconteça.

A unidade da Guarda possui dois ficheiros onde calcula o OEE por máquina (ou processo) em que um deles é exclusivo às máquinas responsáveis pelo produto que gera mais receitas, Figura 10.

Todas as unidades da Sodecia enviam, mensalmente, um valor de OEE de fábrica (ou OEE global) para a sede corporativa (Sodecia SGPS – Maia). Os valores do OEE global da unidade da Guarda dos últimos 4 meses estão apresentados na Figura 14.

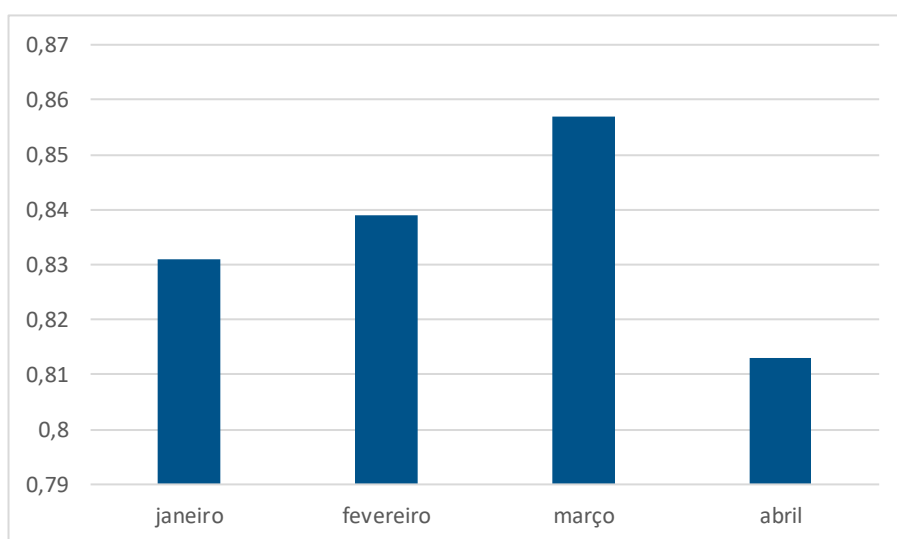


Figura 14 - OEE Global da Unidade da Guarda, 2017

Estes valores não dizem nada para além de que houve um decréscimo de eficácia dos equipamentos no último mês. A medição do OEE por linha, célula ou fábrica oferece apenas uma medida de produtividade, não uma ferramenta de melhoria. Antes de perceber como se obtiveram estes valores globais é preciso ver como é que o OEE é calculado no equipamento.

Todos os dias é feita uma recolha manual de dados pelos operadores (exceto aos fins-de-semana e feriados), que são depois compilados na base de dados em *Excel* pelos líderes de equipa. Estes dados tirados pelos operadores são registados em impressos de produção personalizados ao equipamento em causa, no Anexo H estão dois exemplos desses registos.

O OEE é o resultado da multiplicação de três índices: índice de disponibilidade, índice de desempenho e índice de qualidade. E ainda que haja diferenças entre os ficheiros disponibilizados, num deles o índice de desempenho é calculado usando quantidades e no outro tempos, todas as fórmulas apresentadas na

Tabela 3 vão de encontro às definições de Nakajima, pelo que se pode assumir que nesse aspeto o OEE desta Unidade está a ser bem calculado.

Tabela 3 – Fórmulas usadas no cálculo do OEE pela Unidade da Guarda

Tempo de Abertura	É o tempo total do horário de trabalho (por norma 8 horas)
Paragens Planeadas	DDS/DDQ (Diálogos Diários de Segurança e Qualidade), TPM, sessões de treino, qualquer reunião definida ou agendada pelos líderes, outras
Tempo de Produção	= Tempo de Abertura – Paragens Planeadas
Paragens Não Planeadas	<p>Variam de máquina para máquina, principalmente os tipos de falha, mas alguns exemplos que se repetem são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempos de <i>setup</i></li> <li>• Avaria de máquina</li> <li>• Avaria de ferramenta</li> <li>• Ensaios de validação</li> <li>• Falta de abastecimento</li> <li>• Arranques</li> <li>• Qualidade</li> <li>• Ajustes</li> </ul>
Tempo Operação	= Tempo de Produção – Paragens Não Planeadas
Índ. Disponibilidade	= Tempo Operação ÷ Tempo de Produção
Índ. Desempenho	<p>= (Tempo de Ciclo Ideal × Produção Total) ÷ Tempo de Operação</p> <p>ou</p> <p>= Produção Total ÷ (Tempo de Operação × Taxa de Funcionamento)</p>
Índ. Qualidade	= Produção OK ÷ Produção Total
PPM (parte por milhão) <sup>1</sup>	= Produção NOK ÷ Produção Total × 1 000 000

Outra diferença entre os ficheiros, mais uma vez ligado ao índice de desempenho, reside no facto de um deles ter informação mais detalhada em termos de tempos de ciclos ideais (ou taxas de funcionamento ideais). Apesar do produto da Figura 10 gerar cerca de 90% das receitas da fábrica, os restantes são fabricados há vários anos pelo que consegue fazer-se a distinção de tempo de ciclo ideal de determinado produto em determinada máquina, ao oposto da simples cadência da máquina (independente do produto que está a fabricar naquele momento).

Quando questionados sobre se era habitual terem índices de desempenho superiores a 100% a resposta foi negativa, que apenas acontecia no caso de se cometer um erro no registro das paragens. E que quando assim era, a informação era verificada com a manutenção e com os trabalhadores para corrigir, no máximo, até ao dia seguinte. Afirmam ainda que sempre que se faz um projeto de melhoria ou uma manutenção profunda no equipamento, o tempo de ciclo é verificado. Em circunstâncias normais, ainda não têm uma rotina definida para a verificação do tempo de ciclo, costumam ver aleatoriamente.

<sup>1</sup> É usado como um indicador de não qualidade. Ao multiplicar o valor por um milhão considera-se que chama mais à atenção para a importância do combate à produção de peças com defeitos.



Tabela de Part Numbers por Máquina e Cadências horárias - Prensas									
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	Embout	Brudere
Part Number	Designação da Peça	250T	250T	250T	630T	315T	160T	100T	60T
51611300	Top	1800							
61611330	Bottom	1500	1500						
61611340	Rear loc	1500	1500	1500					
51611310	B C344	1800	1800	1800					
51611320	B C346	1800	1800	1800					
52580007	Ele. JXQ	2400	2400	2400			1800		
51580005	Ele. JB								3000

Figura 15 – Taxa de funcionamento ideal (unidades/hora) de diferentes peças em diferentes prensas da Unidade da Guarda

Na Figura 15 é dado um exemplo das unidades de determinada peça que se podem produzir por hora em diferentes prensas. A mesma prensa tem diferentes cadências para diferentes peças, consoante a sua complexidade. E a mesma peça, neste caso, “Ele. JXQ”, é fabricada a uma cadência de 2400 unidades/hora em 3 das prensas e apenas a 1800 unidades/hora em “P6”. Calcula-se o OEE de cada máquina para cada tipo de produto usando uma cadência diferente e, apesar de mais trabalhoso, pode ser vantajoso para a empresa se as diferenças de tempos de ciclo forem significativas.

Relativamente à produção que sai com defeito há um grande cuidado nos registos de produção, Anexo H, em registar porque é que o produto não é conforme (por exemplo: cordão desviado, falta de fusão, furo no cordão, etc.) o que, no caso de o defeito não ser logo detetado, ajuda a perceber em que processo foi originado.

O Anexo I é uma série de anexos representativos do *Excel* diário de uma das máquinas da Guarda - Injeção - usada para o fabrico dos garfos de caixas de velocidade. Esse ficheiro é todos os dias preenchido com base nos registos de produção dessa máquina por turno (3 turnos de 8 horas cada).

Para calcular o OEE do dia de determinada máquina (ou processo), os tempos de abertura dos diferentes turnos são somados, assim como os tempos de produção, tempos de operação, peças produzidas em minutos por dia, peças conformes produzidas por dia e calculam-se novamente os índices de disponibilidade, desempenho e qualidade, Anexo I.1.

Se se observar atentamente é possível constatar na tabela das paragens, Anexo I.2, uma rubrica para registo de “trabalho nas pausas”, que é o tempo em que estava planeado a máquina estar parada, mas esteve a produzir. O tempo de produção deveria, então, ser o tempo de abertura menos o somatório das paragens planeadas mais o somatório do trabalho nas pausas. No entanto, em nenhum dos turnos, o valor do tempo de produção é conforme com isso, Anexo I.3. Quando questionados sobre este desvio a justificação dada foi que o ficheiro disponibilizado para análise estava a alocar valores errados de outros ficheiros.

Relativamente à forma como explicaram o cálculo do OEE da fábrica: calculam o OEE por máquina dentro de cada linha, depois o total de cada linha e, por fim, o global (que consolida o total de cada linha), Tabela 4. Não é uma média, porque o peso de cada linha é diferente devido à quantidade de peças produzidas e ao tempo de produção por dia. É a soma de cada um dos fatores e, em seguida, a fórmula normal de OEE para disponibilidade, qualidade e desempenho.

Tabela 4 - Fórmulas usadas no cálculo do OEE Global pela Unidade da Guarda

Índice de Disponibilidade Total	<p>Tempo de abertura = Soma (tempo de abertura linha 1 + tempo de abertura linha 2 + ... + tempo de abertura linha X)</p> <p>Paragem planeada = Soma (paragem planeada da linha 1 + paragem planeada da linha 2 + ... + paragem planeada da linha X)</p> <p>Paragem não planeada = Soma (paragem não planeada da linha 1 + paragem não planeada da linha 2 + ... + paragem não planeada da linha X)</p>
Índice de Desempenho Total:	<p>Peças produzidas em minutos = (minutos efetivos produzidos x cadência da linha 1) + (minutos efetivos produzidos * cadência da linha 2) + ... + (minutos efetivos produzidos x cadência da linha X ...)</p> <p>Tempo de operação ou tempo de produção efetiva = tempo de produção efetiva da linha 1 + tempo de produção efetiva da linha 2 + ... + tempo de produção efetiva da linha X</p>
Índice de Qualidade Total:	<p>Peças produzidas = Soma (peças de produção linha 1 + peças de produção linha 2 + ... + peças de produção linha X)</p> <p>Peças rejeitadas = Soma (peças rejeitadas linha 1 + peças rejeitadas linha 2 + ... + peças rejeitadas linha X)</p>

No Anexo I.4 é dada uma breve explicação dos critérios usados na consolidação do OEE global desta Unidade. No entanto, isto levanta a questão “O que é que deve ser considerado uma linha de produção?” para a qual não existe uma resposta sólida. E mesmo havendo, provavelmente não seria suficiente, uma vez que, podem existir até quatro tipos de subsistemas de acordo com a disposição e relações de dependência do equipamento - equipamentos em série, equipamentos em paralelo, montagem alimentada por múltiplos equipamentos e equipamento que fornece para vários outros. Valerá a pena complicar o cálculo de um indicador que foi desenvolvido com o intuito de identificar perdas a nível de equipamento individual? A resposta é não. O OEE global pode servir para ver a evolução temporal da fábrica, mas não mais do que isso.

### 3.2.2 London, Canadá (GTAC)

Diariamente enviam uma sinopse dos dados que constituem o OEE a cada supervisor de produção para que estes tenham a oportunidade de melhorar os seus turnos e a análise é completada pela equipa de gerência onde se vê quais os desvios entre o resultado real e o objetivo que têm de OEE. Possuem um documento onde rastreiam mudanças individuais, para chegar à raiz do problema, controlar o tempo de inatividade repetitivo no turno, diariamente, semanalmente e mensalmente.

Não há distinção entre as fórmulas usadas para cálculo do OEE individual em London e na Guarda, o que é um bom sinal, ambas respeitam as fórmulas de Nakajima. Contudo, nos ficheiros *Excel* fornecidos para recolha diária por máquina, não há especificação de quais são as perdas planeadas e quais as perdas não planeadas, aparece apenas os somatórios dos tempos, Anexo J. Possivelmente isto não acontece nos registos diários de produção, mas nos ficheiros fornecidos para análise não se consegue tirar grandes conclusões para além de quanto tempo as

máquinas estiveram paradas. Saber que esteve parada não é o suficiente para desenvolver uma ação de melhoria.

Em London só há dois turnos (“*Day*” e “*Midnight*”), onde quase todas as máquinas têm um tempo de abertura de 8 horas, mas no verão passado houve um caso de procura muito superior ao que se tinha verificado até à data. Para continuar a trabalhar com o cliente, tiveram que criar novos turnos que lhes permitisse produzir 24 horas por dia para corresponder à procura de 1533 unidades/dia, 6 dias por semana (9198 unidades/semana). O principal problema que identificaram por ter que trabalhar 24 horas por dia é que não restava tempo para fazerem manutenção preventiva, tinham que esperar por falhas para trabalhar nas células. Atualmente, isso já não é um problema e têm 7 horas de manutenção preventiva disponível por dia e o fim-de-semana.

Observando a Figura 16 vê-se um pico na disponibilidade do equipamento em setembro. Outra particularidade desta unidade é o índice de qualidade ser quase sempre 100% (ou muito próximo disso) independentemente da máquina que se está a medir, por isso, nem entram com ele no gráfico evolutivo. O que leva a questionar se estará a ser bem medido, mesmo tratando-se da unidade mais automatizada do Grupo.

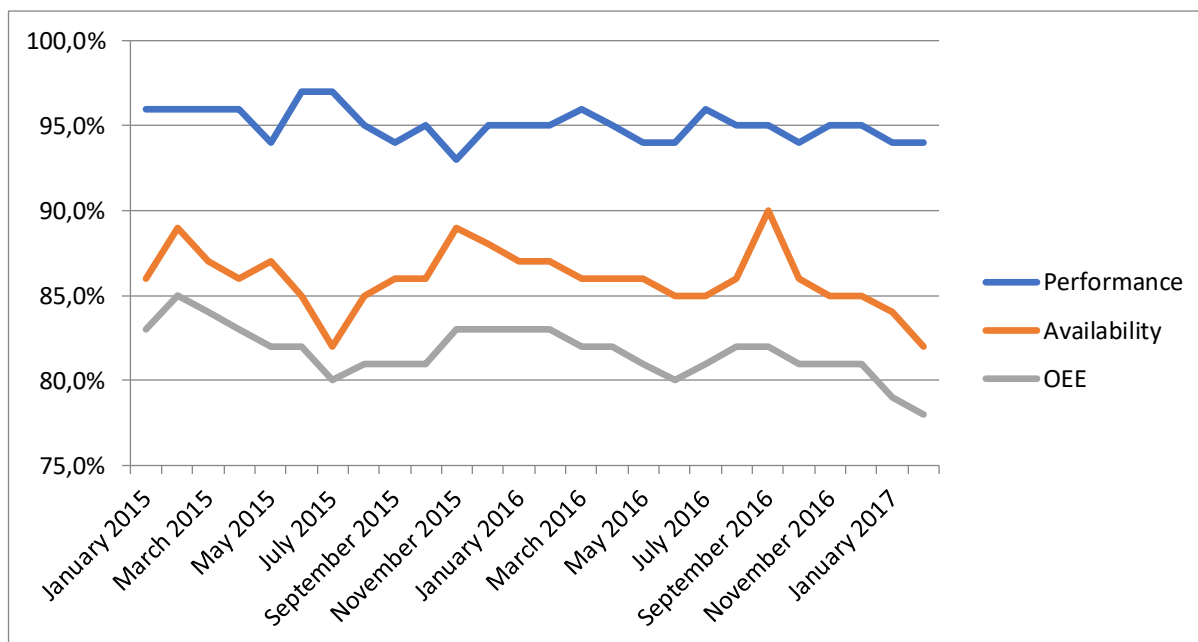


Figura 16 – Evolução temporal do OEE no equipamento *LH Main Rail* da unidade de London

A nível de cálculo diário, semanal e mensal do OEE de determinada máquina (ou processo) diferem da Guarda porque em vez de somarem os tempos e quantidades de todos os turnos e recalcularem os índices, fazem simples médias das percentagens dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade já obtidos. Da mesma forma, o OEE global é calculado usando a média de OEE de todas as máquinas da fábrica.

### 3.2.3 Pretoria, África do Sul

O operador, mais uma vez, captura a produção feita a cada intervalo horário numa folha de registo (de gravação de desempenho e tempo de inatividade) adequada à máquina que está a ser medida. Uma diferença relativamente às duas Unidades já mencionadas é que na folha de registo diário têm códigos associados aos tipos de paragens e preenchem de acordo com a área responsável, Figura 17.

CODES	
1.MT- Maintenance	7.Q- Quality
2. MS-Machine Setting	8.HK- Housekeeping
3. TC-Tip/Electrode/Pin Change	9.HR- HR
4. AW-Awaiting material (Log)	10. TO-Toilet
5. AW-Awaiting material (Prod)	11
6.PN- Planned	12

Figura 17 – Códigos de paragens a registar – Pretoria, África do Sul

As paragens planeadas são todas identificadas com o número seis, o que significa que a manutenção, por exemplo, é considerada uma paragem não planeada e que deve afetar o OEE, algo que também não se tinha verificado nas outras unidades. No fim, é tudo reportado para um *Excel* estruturado que calcula automaticamente o OEE.

Na Figura 18 é feita uma comparação entre o tempo de produção planeado e o tempo efetivo de produção ao longo do mês de fevereiro (incompleto) no turno da manhã. Com base única nos ficheiros fornecidos, nenhuma das fábricas em estudo “investe” em análises gráficas relativamente ao tipo de perdas, apenas na evolução do OEE e comparação de tempos em que se planeava produzir e o real.

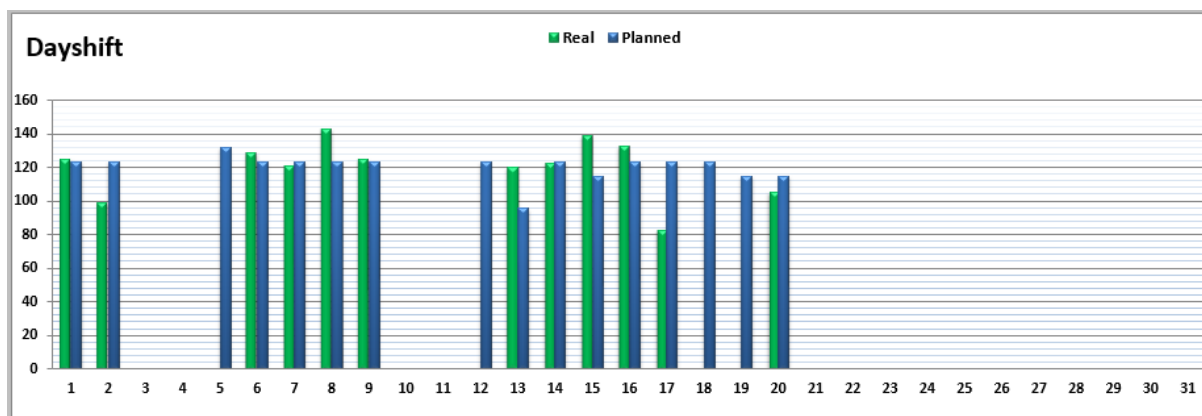


Figura 18 – Tempo de Produção Planeado vs Tempo Efetivo de Produção, Pretoria

A Unidade deu algumas sugestões de melhoria para usar este KPI, nomeadamente: focar nos índices de disponibilidade e desempenho, o índice de qualidade já tem alguns indicadores que o rastreiam em profundidade (PPM e FTT); uso do *Prodwin* ou algum sistema semelhante que calcule o OEE e elimine a recolha de dados manual sem perder as causas enumeradas na Figura 17; regras claras sobre se o efeito de aguardar o material de uma estação de trabalho anterior que teve uma falha (problema de produção) deve afetar o índice de disponibilidade ou o índice de desempenho; regras claras sobre se o efeito de aguardar o material devido à alimentação de linha ineficiente (problema logístico) deve afetar o índice de disponibilidade ou o índice de desempenho.

No que toca ao cálculo do OEE do dia, semana ou mês de determinada máquina (ou processo), à semelhança da Unidade da Guarda, os tempos de abertura dos diferentes turnos são somados, assim como os tempos de produção, tempos de operação, peças produzidas em minutos por dia, peças conformes produzidas por dia e calculam-se novamente os índices de disponibilidade,

desempenho e qualidade. Quanto ao OEE global, desta vez diferindo da Unidade da Guarda, não são consideradas relações de “dependência” entre máquinas. Todos os fatores, previamente mencionados, das diferentes máquinas são somados e recalcula-se o OEE.

### 3.2.4 Oelsnitz, Alemanha

É a única, das unidades que foram analisadas, cuja fórmula do índice de disponibilidade difere da apresentada na Tabela 5. No ficheiro de registo diário fornecido, Anexo K, o índice de disponibilidade é calculado dividindo o tempo de produção pela soma do tempo de produção e do tempo das paragens não planeadas.

Tabela 5 – Comparação do cálculo do Índice de Disponibilidade

Fórmula Incorreta	Fórmula Correta
$\frac{\text{Tempo de Produção}}{\text{Tempo de Produção} + \text{Perdas de Disponibilidade}}$	$\frac{\text{Tempo de Produção} - \text{Perdas de Disponibilidade}}{\text{Tempo de Produção}}$

Por exemplo, se é dado um tempo de abertura de 8 horas (480 minutos), as paragens planeadas 30 minutos e as paragens não planeadas 50 minutos. O tempo de produção é igual aos 480 minutos menos os 30, o que perfaz 450 minutos. O tempo de operação são 450 minutos menos 50, ou seja, 400 minutos. Pela fórmula usada nas outras unidades (correta), o índice de disponibilidade é 400 a dividir por 450, o que é igual a 88,9%. Pela “nova” fórmula o índice de disponibilidade é 450 a dividir por 500, o que resulta num índice, errado, de 90%.

Contudo, o Anexo K, parece tratar-se apenas de uma folha de entrada manual de dados pelos líderes do turno. O *Excel* com os registos de todas as máquinas está a calcular o índice de disponibilidade usando a fórmula correta, por isso, se não se estiverem a copiar os índices da folha de cálculo de registo diário, os valores devem estar corretos pois são recalculados.

Aparentemente, é a unidade que faz uma melhor divisão das perdas de disponibilidade pelo uso do *Prodwin*, que obriga os operadores a identificarem a causa da paragem. As categorias com que se pode preencher são: tempos de *setup*, tempo de espera, ausência de operador, falhas na máquina, falhas na ferramenta, problemas de qualidade por causa do material, falta de material, etc. Para além disto, é a única Unidade (das quatro em estudo) que faz uma distinção nas peças com defeito em sucata e retrabalho.

O OEE global é calculado à semelhança do que se faz na Unidade de Pretoria, calculam o OEE por equipamento e somam todos os fatores necessários ao cálculo dos índices dos diferentes equipamentos (tempo de abertura, paragens planeadas, paragens não planeadas, peças produzidas em minutos, tempo de operação, peças produzidas e peças rejeitadas) e, em seguida, aplica-se a fórmula normal de OEE para disponibilidade, qualidade e desempenho. Não consideram que por uma máquina parar quando a outra pára (ou seja, dependente dela) que não se deva somar os tempos das duas (caso da Guarda).

A Figura 19 mostra que nesta unidade há o cuidado de fazer uma análise gráfica dos dados usados no cálculo do OEE. Particular atenção ao gráfico da razão das paragens (“*downtime reasons*”). Identificar a razão pelo qual o equipamento deixa de funcionar de forma repetitiva é o primeiro passo para saber o que deve ser melhorado.

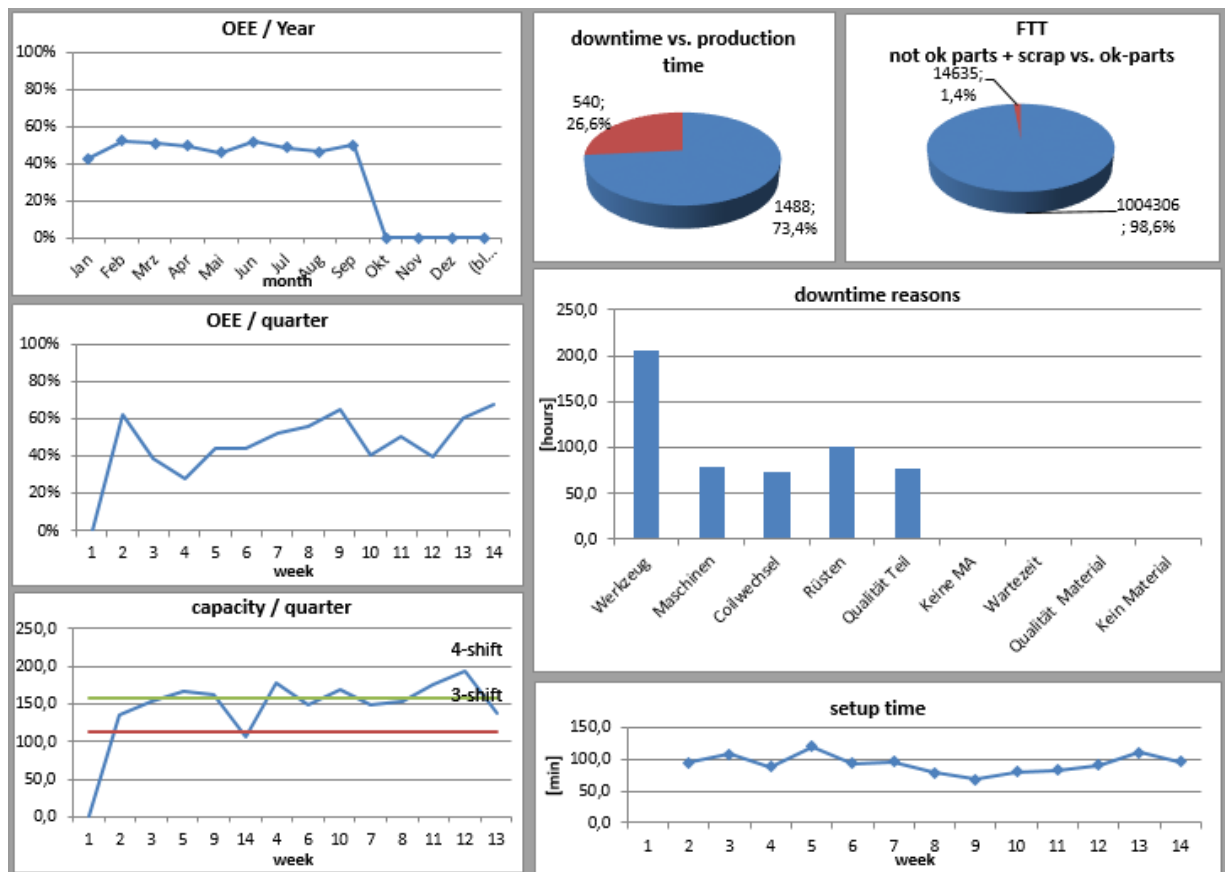


Figura 19 – Análise gráfica daquilo que o OEE diz à Unidade de Oelsnitz

### 3.3 Principais diferenças

Como era esperado a principal diferença não reside nas fórmulas usadas para o cálculo do OEE, mas naquilo que se considera uma perda planeada e uma perda não planeada e na área de implementação pretendida, máquina única, linha de produção ou empresa.

A forma mais comum de obter uma boa percentagem de OEE é definindo e alocando responsabilidades que diminuam aquilo que se consideram paragens não planeadas. Todas as unidades consideram os tempos de *setup* paragens não planeadas, mas se por alguma razão os passassem a considerar paragens necessárias e planeadas, o índice de disponibilidade aumentava. Por isso, a primeira questão que se deve colocar é o que deve ser considerado tempo planeado não produzir e qual o tempo de produção, uma vez que influencia diretamente o valor de OEE obtido.

A Unidade de Oelsnitz é a que melhor faz a distinção das perdas e a única que faz referência a paragens por falta de operador. Se a máquina está parada por falta de um operador pode ser interessante identificar essa paragem para, caso necessário, poder “cobrir” essa ausência com um outro. Os operadores são, possivelmente, as pessoas que conhecem melhor as máquinas por trabalharem com elas diariamente, se conseguirem ver a perda é natural que sejam os mais criativos a tentar resolvê-la, a pôr “as coisas a andar” mesmo quando não estão lá. Contudo, esta unidade não faz menção às paragens para manutenção preventiva. Não se deveria tornar este tipo de paragem visível no cálculo do OEE?

Outra questão que não se consegue responder olhando para as folhas de cálculo é como se chegou aos diferentes valores de tempos de ciclo ideais. No Anexo J é visível a obtenção de índices de desempenho superiores a 100% o que indica que uma redefinição do tempo de ciclo ideal é necessária, mas como? No caso da Unidade da Guarda, afirmam que há uma verificação



do tempo de ciclo sempre que se faz um *kaizen*<sup>2</sup>, mas ainda não têm uma rotina sobre como o definir novamente. Isto toca num ponto importante, se o tempo de ciclo for mudado em função de um *kaizen*, piora o OEE e a unidade que mais melhorias tiver, fica prejudicada numa comparação de OEE. Esta é mais uma das razões pelas quais se deve evitar fazer comparações entre unidades, a possibilidade de retirar conclusões erradas é elevada.

A nível da qualidade, só a Unidade de Oelsnitz faz a distinção entre peças que são sucata e aquelas que precisam de retrabalho, ambas são consideradas defeitos. Será que todas as fábricas deviam fazer esta distinção? E o que é que acontece se os defeitos só forem detetados muito depois no processo? Deve reportar-se esse número para a máquina que o criou? Como se sabe qual foi a máquina? A Unidade da Guarda é a única que está a apontar todo o tipo de problemas de qualidade. No entanto, na visita que se fez, observou-se um caso em que todos os produtos saíam com defeito e, como “não podiam” ter constantemente índices de qualidade de 0%, considerava-se que a parte de correção era integrante do processo. Basicamente, na parte de injeção de plástico dos garfos, o plástico sai sempre com rebarbas e a menos que se faça um grande investimento em novos moldes não há solução. Atualmente, têm pessoas que cortam manualmente esses excessos. O processo foi alterado e a especificação de qualidade à saída da máquina deve ser alterada de modo a não contemplar a rebarba, que passa a ser uma especificação apenas depois do processo manual.

Outro aspeto que é importante mencionar é a ausência de gráficos de análise da informação, pelo menos naquilo a que foi dado acesso. Fazer uma boa recolha de dados, mas a seguir estes ficarem parados não tem grande utilidade.

Por fim, a forma como os valores são aglomerados para obter um OEE global também não é uniforme nas Unidades em estudo.

Tabela 6 - Resumo das diferenças das Unidades em estudo

	Guarda	London	Pretoria	Oelsnitz
Registo diário por máquina	Sim	Sim	Sim	Sim
Fórmulas que respeitam as definidas por Nakajima	Sim	Sim	Sim	Não (numa das folhas o índice de disponibilidade está incorreto)
Equipamentos	Variados	Robots	Prensas	Prensas de <i>fine blanking</i>
OEE Global	Somatórios e recálculo dos índices com atenção a algumas relações de dependência entre máquinas	Médias dos índices das diferentes máquinas, sem distinção	Somatórios e recálculo dos índices das diferentes máquinas, sem distinção	Somatórios e recálculo dos índices das diferentes máquinas, sem distinção
Prodwin	Não	Não	Não	Sim
Índices de desempenho	Não	Sim	Não	Não

<sup>2</sup> Qualquer atividade que melhore um *standard* existente.

superiores a 100%				
Análise Gráfica	Evolução do OEE; Tempos de <i>setup</i>	Tempos de inatividade diários, semanais e mensais; Evolução do OEE	Tempo de produção vs tempo de operação	Evolução do OEE; Utilização; Tempos de <i>setup</i> ; Produção OK, Sucata e Retrabalho; Tempos de inatividade vs Tempo de produção
Índice de Qualidade	Definição em grande detalhe do porquê de as peças não saírem conformes	Conformes vs Não Conformes (sempre 100% ou muito perto desse valor)	Conformes vs Não Conformes	Conformes vs Não Conformes (Sucata ou Retrabalho)
Paragens não planeadas	Variam de máquina para máquina (com algumas em comum)	Não especificam	Códigos para as diferentes paragens	Categorias fixas (tempos de <i>setup</i> , tempo de espera, ausência de operador, falhas na máquina, falhas na ferramenta, problemas de qualidade por causa do material, falta de material, etc.)

Na Tabela 6 é feito um resumo, sem nenhuma ordem em particular, daquilo que foi possível observar nos ficheiros fornecidos. Não deve, contudo, ser tomado como uma certeza. Trata-se de uma amostragem pequena para tirar conclusões fidedignas sobre o OEE. Por exemplo, a Unidade de London pode fazer distinção entre o tipo de paragens não planeadas que ocorrem e isso não estar nos registos. Ou as diferentes unidades podem fazer análises gráficas que disponibilizam no chão-de-fábrica e não digitalmente. Os índices de desempenho dificilmente só em London é que ultrapassam os 100%. No entanto, dá para ter uma ideia geral da diversidade e de quais as melhores práticas de cada uma.



## 4 Solução proposta

A solução proposta neste capítulo tem em conta o potencial da sua utilização no desenho de melhorias e a simplicidade ou facilidade de execução. Não foi possível desenvolver o sistema de forma dinâmica e interativa com a organização por não haver informação suficiente relativamente ao funcionamento dos diferentes equipamentos e organização das fábricas, para tanto seria necessário estar no chão-de-fábrica.

### 4.1 OEE - Medir & Reportar

Ao medir o OEE diariamente, descobrem-se padrões, tendências e fatores que afetam a eficácia da máquina. Além disso, o OEE ajuda a tornar visíveis os resultados dos esforços de melhoria ou o efeito de um método de trabalho diferente. Mas como é que deve ser medido? E como é que se deve coletar, processar e reportar os resultados obtidos?

A velocidade com que se dá o *feedback* é muito importante porque dá informação orientadora para o operador e uma visão do efeito das suas ações. Os diagramas de OEE não são úteis se não chegarem ao chão de fábrica rapidamente, será mais difícil ver uma conexão entre as ações e respetivos efeitos caso demore muito tempo. Diagramas claros devem fornecer respostas rápidas às seguintes perguntas:

- Estão a tornar-se mais eficazes à medida que o tempo passa? Tem havido um crescimento?
- Quais são os consumidores de tempo principais?
- Qual é o tempo médio entre avarias (MTBF)?
- Quanto tempo demora para resolver uma avaria (MTTR)?
- Qual é a utilização do equipamento?
- Qual é tempo médio de *setups*? Está a melhorar? Está mais estável?
- Com que frequência e por quanto tempo se tem que esperar por material e fornecimento de produtos ou transporte?

Atualmente, a avaliar pelas folhas de *Excel*, poucas são as perguntas desta lista que são respondidas por diagramas.

Antes de medir o OEE, tem que se decidir o que vai ser medido. Para descobrir as perdas tem que se procurar ativamente por elas, mas é preciso ter em conta que quantos mais detalhes se quiserem ver, mais difícil é ver o todo.

Um registro de OEE corretamente projetado não deve gerar mais papelada para o operador. É muito provável que uma grande quantidade de dados já esteja a ser coletada. Um formulário de OEE bem projetado permite que vários registros atuais sejam combinados e, ao mesmo tempo, simplificados. Desta forma, coletam-se dados mais precisos com menos esforço. No fundo, o objetivo deve ser: coletar o mínimo de dados, mas gerar o máximo de informação possível.

Para cada categoria ou subcategoria de perda que se queira registar, devem fazer-se as seguintes três perguntas:

1. Isto ajuda o cliente? Perguntar novamente ao cliente.
2. É legal ou regulamentarmente exigido? O que é que a lei ou regulamento diz?
3. Está a ser usada regularmente para ajudar a máquina ou processo? Em caso afirmativo, como? E qual é o resultado?

Um registro de turno completo para uma máquina deve ocupar uma folha A4 (dois lados no máximo), assumindo que não haverá logo um investimento numa solução automática, e conter registos de tempo, quantidade e qualidade.

De seguida, são apresentadas e sustentadas algumas sugestões de definições de tempo, velocidade, qualidade e regras que devem ser incluídas na medição do OEE.

## 4.2 Variáveis críticas de controlo pelo OEE

Um bom OEE não é obtido por ter uma máquina a funcionar 24 horas por dia. Deve ser usada a velocidade apropriada, estar disponível quando é preciso e ter a capacidade de produzir de acordo com as especificações do cliente. Cada indicador deve ser usado para o que serve e deve estar disponível a quem tem meios e autoridade para gerir o seu desempenho. Deste modo, propõe-se o uso do OEE para as pessoas da manutenção e das operações, aliás um dos princípios do TPM é precisamente a união destes dois grupos numa só equipa, eliminar o pensamento “Nós da Produção operamos, vocês da Manutenção, reparam” para que todos se sintam proprietários e responsáveis pelos equipamentos e o TEEP para quem toma decisões comerciais e estratégicas, como se pode observar na Figura 20.

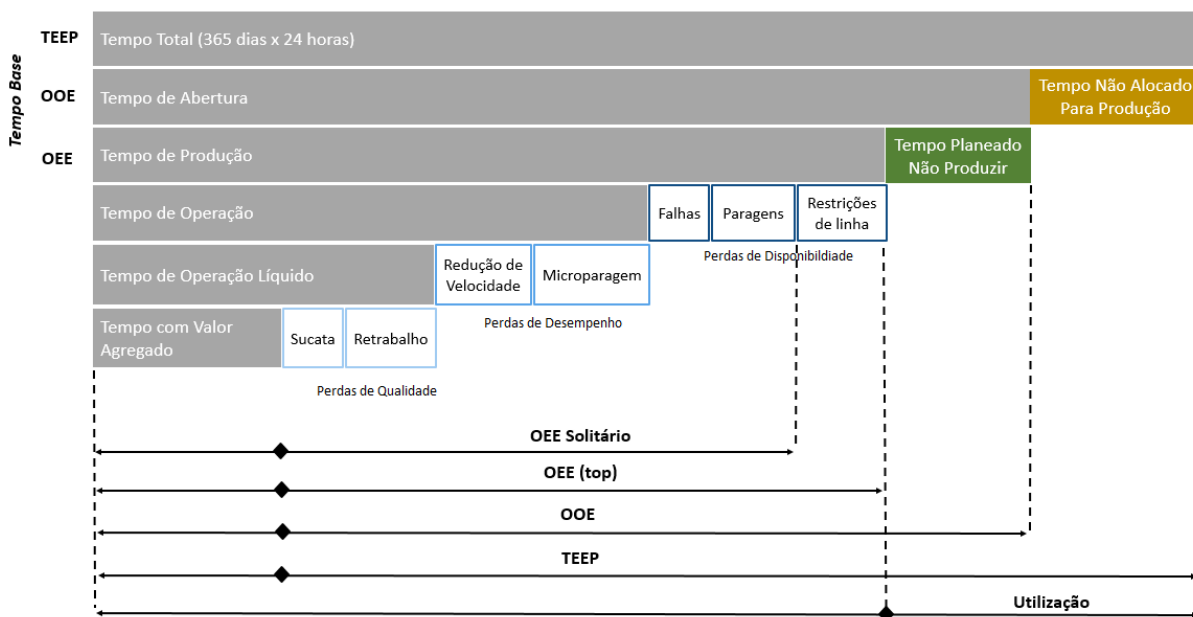


Figura 20 - Proposta de definição de perdas e respetivos indicadores

O tempo total corresponde às 24 horas por dia e é o único tempo que não é discutível. Considerando que as fábricas podem não estar abertas durante tanto tempo criou-se o tempo de abertura que é variável de fábrica para fábrica. O tempo não alocado para produção pode então ser definido como o tempo em que não há qualquer tipo de operação a decorrer na fábrica inteira, “a fábrica está fechada e de luzes apagadas”.

No caso de haver pelo menos uma máquina que esteja em funcionamento, fala-se do tempo de produção, que é o resultado do tempo de abertura menos o tempo planeado não produzir. Este último, é todo o tempo em que por razões externas à fábrica (não operacionais) a máquina não produz. Sendo essas razões divididas em: causas comerciais (falta de procura), problemas logísticos externos (falta de fornecimento, problemas com transporte, quebras de energia, água, gás, etc.), regulamentações ambientais (quotas de produção estabelecidas em função de limites para emissão de dióxido de carbono, etc.), causas naturais (condições climáticas adversas, desastres como tempestades e furacões) e causas relacionadas com a gestão do negócio que afetam a fábrica (*stocks*, segurança, investimentos em novos produtos, testes de pesquisa e desenvolvimento, etc.).

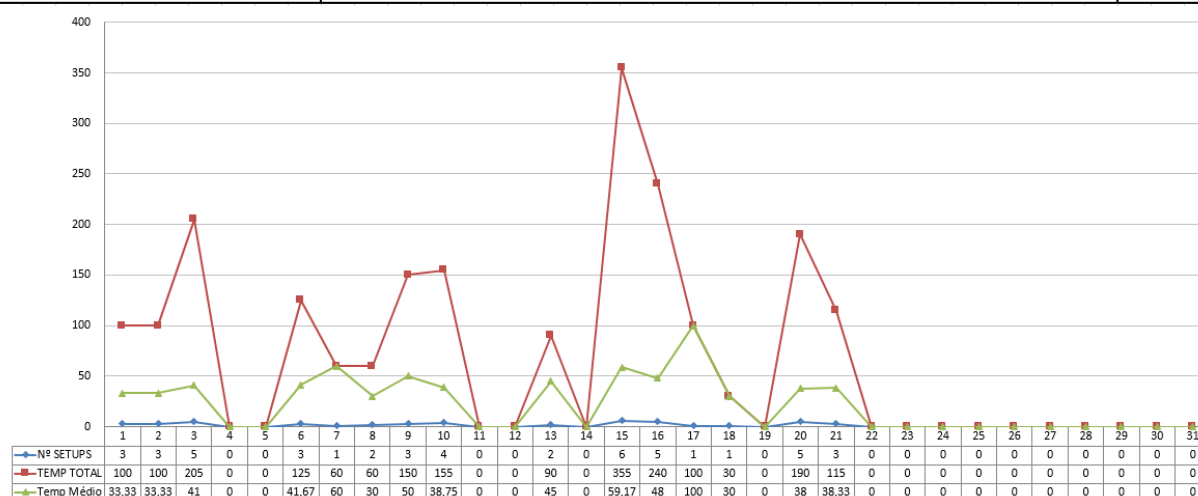
Não é fácil traçar o limite entre aquilo que se considera uma causa exógena ou endógena, até porque a empresa pode ter algumas soluções de *backup* para aquilo que se está a considerar exógeno. Por exemplo, se o transformador de energia tiver uma avaria é unicamente responsabilidade do prestador de serviços ou da empresa? O mesmo se passa em relação a gestão de *stocks*, pode faltar matéria-prima por culpa dos fornecedores ou então por uma má logística. Se for o segundo caso, tem interesse que se torne visível no OEE que a máquina não esteve a trabalhar por essa razão, se for o primeiro caso só deve ser visível no TEEP.

O principal argumento para não incluir determinadas paragens no índice de disponibilidade é usar a terminologia, como são paragens planeadas, ou seja, definidas à priori, não devem entrar no cálculo. Poderá fazer mais sentido pensar nessas paragens como “São responsabilidade operacional da fábrica?”. Se a resposta for afirmativa, então tem interesse que entrem no cálculo do OEE e sejam visíveis. Passando a exemplos mais concretos:

### **Tempos de Setup**

Se se pensar nos tempos de *setup* (tempo em que a produção é interrompida para que as máquinas sejam ajustadas ou alteradas de modo a produzir outro produto), também são paragens que se sabe que têm que acontecer, ou seja, planeadas. No entanto, como o criador original do OEE, Nakajima, especificou que se tratava de uma perda de disponibilidade, não geram tanta controvérsia sobre se devem ser incluídos ou não nos cálculos, aliás as quatro Unidades analisadas incluíram estes tempos no cálculo do OEE.

São procedimentos que fazem parte do processo de produção global e são requisitos de flexibilidade de aceitação das encomendas para manter a competitividade da empresa. Se estão a afetar o equipamento e respetiva capacidade de produção é necessário saber identificá-los e melhorá-los. A Figura 21 mostra uma análise gráfica feita aos tempos de *setup* ao longo de 22 dias. Ao tornar os tempos de *setup* visíveis é possível analisar se deve ser feita uma melhoria ou se está tudo dentro do que era esperado.

Figura 21 - Análise gráfica dos tempos de *setup* na Unidade da Guarda

Quando se tenta comparar o OEE de duas máquinas é sempre preciso ter em atenção onde estão a ocorrer as perdas, caso contrário podem retirar-se conclusões erradas. É completamente diferente ter uma máquina/ferramenta com um tempo de *setup* de 5 minutos e uma que tenha um tempo de *setup* de 3 horas. Claro que se pode tentar melhorar a máquina que demora 3 horas, mas dificilmente chegará aos 5 minutos, pelo que é esperado que o seu OEE seja inferior. Mais uma vez, conclui-se que a comparação direta de OEE's deve ser evitada.

### Manutenção Preventiva

Uma das paragens mais discutidas sobre se deve ser incluída no cálculo do OEE ou não, é a manutenção preventiva. Na Tabela 7 é dado um exemplo em que a manutenção preventiva é abordada de três diferentes formas: a primeira é quando a manutenção estava planeada demorar determinado tempo (paragem planeada) e por ter acabado a demorar mais, esse tempo extra é considerado uma paragem não planeada e entra, indiscutivelmente, no cálculo do OEE; o segundo é quando não se pré-estabelece um tempo que deva demorar e, por isso, não entra no cálculo independentemente de quanto demore; o terceiro é quando se considera uma paragem que afeta a capacidade de produção e, como tal, é sempre considerada uma “perda não planeada” que se quer que seja visível no OEE (como os tempos de *setup*).

Tabela 7 – Manutenção Preventiva como paragem planeada e/ou não planeada

Cálculo do índice de disponibilidade dividindo o tempo de manutenção preventiva em tempo planeado e não planeado	
A. Tempo Total Disponível	480 min
B. Tempo Planeado MP	20 min
C. Tempo Planeado Não Produzir	30 min
D. Tempo de MP Total	70 min
E. Tempo de Produção (A – C – B)	430 min
F. Perdas de Disponibilidade (por outras causas)	30 min
G. Tempo de Operação (E – F – (D – B))	350 min
Índice de Disponibilidade (G / E)	81,4%

Cálculo do índice de disponibilidade excluindo o tempo de manutenção preventiva	
A. Tempo Total Disponível	480 min
B. Tempo Planeado Não Produzir	30 min
C. Tempo de MP	70 min
D. Tempo de Produção (A – B – C)	380 min
E. Perdas de Disponibilidade (perdas não planeadas)	30 min
F. Tempo de Operação (D – E)	350 min
Índice de Disponibilidade (F / D)	92,1%

Cálculo do índice de disponibilidade incluindo o tempo de manutenção preventiva	
A. Tempo Total Disponível	480 min
B. Tempo Planeado Não Produzir	30 min
C. Tempo de Produção (A – B)	450 min
D. Tempo de MP	70 min
E. Perdas de Disponibilidade (perdas não planeadas)	30 min
F. Tempo de Operação (C – D – E)	350 min
Índice de Disponibilidade (F / D)	77,8%

Excluir a manutenção preventiva do cálculo do OEE (exemplo 1 e 2) tem grandes desvantagens. Primeiramente, está a impedir o OEE de fazer aquilo para que foi concebido, identificar o máximo de perdas possível para que se saiba onde se pode melhorar. Quando demora menos tempo do que o que era planeado, muitas vezes aproveita-se esse “tempo extra” para produzir sem adicionar ao tempo de produção, o que leva a um índice de desempenho irreal (apenas a Unidade da Guarda é que já está a acrescentar esses tempos).

Para além disto, fora do tempo de produção (exemplo 2) não costuma haver pressão para pôr a máquina a funcionar, o que por vezes resulta em manutenções desnecessariamente longas. Recomenda-se registar todas as atividades relacionadas com a máquina (exemplo 3), necessárias à operação, dentro daquilo que se considera o tempo de produção. A manutenção, segundo este *standard*, fará sempre decrescer o OEE. No entanto, ao longo do tempo, o OEE vai dizer se a manutenção está a ter resultados ou não por diminuir outros tempos de paragem com que não se estava a contar.

E, mais uma vez, ao propor o uso do OEE às pessoas encarregues pelas operações e pela manutenção como uma equipa, evita-se o atirar de culpas, “O OEE de hoje foi baixo porque os tipos da manutenção demoraram mais do que o suposto”, é responsabilidade de ambos; ambos querem que a máquina seja o mais eficaz possível e é mais fácil olhar para um só indicador do que ter que olhar para o OEE e para o TEEP simultaneamente.

Ao retirar a manutenção preventiva das paragens planeadas (paragens provocadas por fatores externos como a falta de procura do mercado) e a colocar juntamente com as perdas de disponibilidade (ou paragens não planeadas), o tempo de produção aumenta (passou a ser o tempo em que está previsto alguém operar a máquina ou alguém está a fazer a manutenção). É apenas uma alocação diferente dos mesmos espaços de tempo. Como o índice de

disponibilidade é o resultado do tempo de operação a dividir pelo tempo de produção, vai ser menor com esta mudança. O que se espera é que a médio-longo prazo as restantes perdas de disponibilidade diminuam o que confirma a boa prática da manutenção (Figura 22).



Figura 22 - Efeitos da inclusão da manutenção preventiva nas perdas de disponibilidade

Caso mesmo assim se tome a decisão de não incluir no cálculo do OEE, é importante registar todos os tempos que a máquina está a ser tocada ou ativada fora do tempo de produção para que a potencial perda possa ser identificada e tornada visível no TEEP. Quando a manutenção planeada ocorre fora do período de abertura (a um fim-de-semana) tem um custo acrescido para a empresa e também só é visível no TEEP.

### Paragens por causa do operador

Da mesma forma que há controvérsia relativamente à manutenção preventiva, também existe relativamente a paragens para almoço, reuniões, etc. É importante notar que uma pausa pessoal não é o mesmo que uma pausa no processo. Se a máquina funcionar sem o operador, então não se contabiliza a sua ausência.

A paragem deve ser alocada em função de quem recebe a informação e da autonomia que tem para a controlar. Os operadores e responsáveis pela manutenção não decidem qual é o horário de almoço ou quando são dadas formações, etc. não têm a capacidade de fazer uma melhoria caso seja preciso. O que leva a crer que mesmo sendo uma questão endógena, deveria afetar apenas o TEEP.

No entanto, o OEE mede a eficácia do equipamento, não das pessoas. É verdade que os operários não têm controlo sobre as reuniões que se agendam ou a hora de almoço pré-definida, mas ao entrar com estas paragens no OEE também ninguém espera que eles consigam diminuir essas paragens. Então porque é que se propõe que entre no cálculo do OEE? Novamente, é mais fácil olhar apenas para um indicador para identificar possíveis melhorias internas (exemplo: alocar trabalhadores à mesma máquina com horas de almoço diferentes para que não pare) e reservar o TEEP para todas as razões exógenas (exemplo: dia de greve).

Um bom truque para perceber o que faz sentido identificar ou não como uma perda planeada é colocar-se no lugar da máquina ao discutir o OEE. Passar a “ser” a máquina. O que acontece quando a máquina está a ser alterada? Está-se à espera até que acabe a configuração. Em seguida, começa-se a executar novamente, mas não dá para atualizar porque algo não está ajustado corretamente, etc. A medição do OEE não tem como intenção selecionar alguém para ser o culpado de uma má eficácia, trata-se apenas de descobrir onde é que a máquina está a perder eficácia. As perdas só deveriam ter uma norma: zero.

Recordar que a Unidade de Oelsnitz já entra com este tipo de paragem no cálculo do OEE.

### 4.3 Definições de Velocidade

Como é que se identificam as perdas por redução de velocidade? Primeiro tem que se definir uma velocidade máxima teórica (ou taxa de funcionamento ideal). De seguida, o operador deve registar a velocidade a que põe a máquina a funcionar (*set speed*). Muitas vezes um operador com experiência dirá “Se eu puser o equipamento a funcionar a uma cadência de 80 unidades por minuto, em vez de o valor teórico máximo de 100 unidades por minuto, tenho a maior saída de produtos com menos problemas.” A diferença entre estes dois valores resulta nas perdas por redução de velocidade e a restante diferença entre o a produção real e a produção teórica pode ser explicada pelas microparagens. Detetar que estão presentes é suficiente quando é feita uma recolha de dados manual. Caso se use algum sistema de recolha de dados é mais fácil fazer uma análise dessas paragens. Claro que o exemplo dado pressupõe que é dada autonomia ao operador para escolher a velocidade da máquina, o que muitas vezes não acontece dada a existência de *standard works*. Em todo o caso, se a cadência é devida a uma intencionalidade ou não, é menos relevante do que registar o resultado. Mas como se chega à definição de velocidade máxima teórica?

#### Tempo de Ciclo Ideal

O ciclo ideal de produção é o tempo mínimo que o equipamento, em teoria, permite produzir uma peça. O tempo de ciclo real é o tempo entre duas peças boas sucessivas e é medido, não é teórico, sendo usado por exemplo para efeitos de análise no VSM. A definição do tempo de ciclo ideal é das partes mais importante na obtenção do OEE porque influencia diretamente o valor do índice de desempenho e está presente na fórmula simplificada de cálculo.

Se o tempo de ciclo ideal for demasiado alto (ou a taxa de funcionamento ideal demasiado baixa) de acordo com o que é alcançável, esconde-se o facto de a máquina estar a funcionar a um ritmo mais lento do que aquele que teoricamente pode, ou seja, corre-se o risco de não se ver o tempo que se está a perder e não se saber que a máquina tem uma capacidade de produção superior, para quando seja necessário.

Quando o OEE é usado como uma medida de um processo *Lean* em que o sistema funciona por produção *Pull*, como é o caso em estudo, há quem considere que o tempo de ciclo ideal deve ser definido pela procura do cliente e não pela velocidade máxima da máquina. E defendem esta ideia argumentando que não o fazer leva a índices de desempenho muito baixos. Ter uma cadência de produção mais rápida que o *takt time* leva ao excesso de produção e a um desperdício de recursos; e o contrário significa que não se consegue corresponder à procura do cliente. Contudo, ao usar o *takt time* para definir o tempo de ciclo ideal é importante perceber que não é um valor constante, teria que ser mudado todos os meses (com todos os mixes de procura de peças, se produzir peças diferentes no mesmo equipamento) de acordo com a procura dos clientes, o que excluiria um dos principais objetivos de se calcular o OEE: ver a evolução temporal. Para além disso, não é compatível com a definição do tempo de produção proposta, porque estaria a considerar duas vezes a mesma origem de não produção (falta de procura). No limite, não faz mal (em termos comparativos) ter um OEE de 200%, o que interessa é saber se está menor ou maior do que no dia, semana ou mês passado. Alterar o tempo de ciclo ideal regularmente impossibilita qualquer comparação, como tal, este método não deve ser sequer considerado.

Outra questão é se o tempo de ciclo real, aquele que é medido, deve ser idêntico ao *takt time* ou não. Suponha-se que o cliente no fim do dia espera ter 400 peças e que a taxa de funcionamento ideal da máquina é de 100 peças por hora. Sob condições ideais, sem qualquer tipo de perda, 4 horas de produção planeada seria o suficiente para corresponder à procura e a máquina estaria a funcionar na sua máxima cadência. No entanto, o que por norma acontece na prática é existir

um tempo de produção planeado pré-definido superior. Neste caso, considerando que o tempo de produção planeado era um turno de 8 horas, o *takt time* mostraria, segundo condições ideais, que se devem produzir 50 peças por hora para não exceder nem ficar aquém da procura. A conclusão que se deve retirar é que, lá porque uma máquina consegue produzir 100 peças por hora, não significa que as deva produzir. No entanto, saber que a máquina tem essa capacidade é importante e pretende-se que se reflita no índice de desempenho. Se a minha taxa de funcionamento ideal eram 100 peças por hora, mas a máquina só trabalhou a 50 peças por hora, o índice de desempenho tem um valor de 50%. Ter um índice baixo não é uma coisa negativa, se souber a razão pela qual acontece (na Tabela 8 são dados alguns exemplos em que ter um OEE mais alto não é uma boa notícia).

Tabela 8 - Exemplos de casos em que ter um aumento do OEE não é positivo

	Ontem	Hoje
1 – Mais Sucata	D=80%; P=85%; Q=95% OEE=65%	D=85%; P=99%; Q=85% OEE=71%
2 – Aumento de <i>Stocks</i>	Procura=650 unidades OEE=0,8*0,85*0,99=67% Produção Ok=670 unidades	Procura=650 unidades OEE=0,9*0,85*0,99=76% Produção Ok=760 unidades
3 – Eficácia mais alta, eficiência mais baixa	Procura=1000 unidades OEE=0,8*0,85*0,99=67% Produção Ok=670 unidades Operadores=1	Procura=1000 unidades OEE=0,9*0,85*0,99=76% Produção Ok=760 unidades Operadores=3
	Mês Passado	Mês Atual
4 – OEE instável	Média OEE=42% OEE mais baixo=40% OEE mais alto=44% Máquina estável.	Média OEE=52% OEE mais baixo=32% OEE mais alto=68% Máquina instável.

Voltando ao exemplo, máquina trabalhar a 50 peças por hora o que resulta num índice de desempenho de 50%, se fosse algo que se mantivesse durante algum tempo, levaria a que se redefinisse o tempo de produção planeado. Contudo, uma melhor opção seria trabalhar na velocidade de 100 peças/hora e quando acabasse ficava parada. As máquinas não precisam de trabalhar tantas horas para corresponder à procura e essas horas podem ser usadas para outra atividade. Um cliente não quer saber se o equipamento está disponível 24 horas, mas sim se produz aquilo que eles querem. O que se tenta medir é se se pode confiar no equipamento para funcionar sem parar nas horas previstas, não se é capaz de funcionar 24 horas por dia.

Agora que se excluiu a hipótese de usar o *takt time* para definir o tempo de ciclo ideal, há que analisar as outras duas opções. O método mais simples é usar a informação fornecida pelo fabricante da máquina, que vem na placa de identificação. Este valor não deve ser tomado como garantido uma vez que é costume os fabricantes darem uma capacidade aquém da real. Se o tempo de ciclo real for melhor ou igual ao que vem tabelado, a empresa pode não sentir a obrigação de melhorar. Uma solução pode ser diminuir esse tempo que vem tabelado e assim, evitam-se os índices de desempenho superiores a 100% e algo pelo qual almejar. A questão é diminuir em quanto? 10%? 20%?



O último método para definir o tempo de ciclo ideal e o mais preciso, mas ainda assim imperfeito e consumidor de tempo e recursos, é a medição dos tempos. Esta medição pode ser feita entre a conclusão de uma parte até à conclusão da parte seguinte (tempo de ciclo por definição, num processo estabilizado), para várias partes individuais. Ou entre os inícios, ou um qualquer outro ponto conveniente, desde que seja o mesmo entre as diferentes peças. Há quem defenda que dentro dessas medições se deve escolher o melhor tempo que a máquina já fez, se foi possível atingir uma vez, teoricamente, deve ser possível atingir o mesmo valor uma segunda vez. Por outro lado, ao tomar simplesmente o menor valor do conjunto de medições, pode tratar-se de um erro de medição pelo que é melhor ordenar as medições e tomar o tempo onde 95% ou 90% de todas as medições são mais lentos do que esse tempo (estatisticamente falando, o percentil 5 ou 10).

Então, qual é a melhor solução? Provavelmente nenhuma das três. O ideal seria fazer uma observação direta daquilo que está a acrescentar valor e o que não está a acrescentar valor à peça e ajustar o tempo de ciclo consoante isso.

Um exemplo de um caso real que aconteceu foi uma prensa que tinha um tempo de ciclo ideal definido como 10,7 segundos. Treze por cento do seu tempo de ciclo (1,4 segundos) estava à espera que a luz de segurança ativasse. Antigamente justificava-se, mas hoje em dia já não era necessário.



Figura 23 – Exemplo de uma melhoria de um tempo de ciclo ideal numa prensa do Grupo Sodecia

Quando se refere a tempos pequenos pode não parecer muito, mas ao fim de um dia de trabalho a diferença é significativa. Portanto, a medição direta funciona bem, como evolução natural a partir do valor dado pelo fabricante. A questão que sobra é com que frequência e quantas vezes mais deve ser feita (em que condições de manutenção e de gasto da máquina). Um *benchmark* entre equipamentos similares pode ajudar a detetar oportunidades de melhoria no equipamento.

Pode pensar-se também no caso das prensas e no seu *shut height*, em que para dar a “pancada” na chapa (que é a parte que acrescenta valor) precisam de subir a uma determinada altura. Essa parte em que sobem e descem não acrescenta valor, mas é uma parte necessária ao processo. Se demorar 2 segundos a dar a “pancada” e 8 segundos a subir e a descer, a sugestão não é que se elimine completamente os 8 segundos, mas que se diminua significativamente esse tempo, para algo que embora não pareça atingível nos dias de hoje não se sabe se não será no futuro com algumas alterações.

É ainda importante mencionar o *layout* dos robots. O OEE não diz nada sobre o *layout*, mas consegue dizer se o robot está parado à espera. Mais uma vez, deve ser feita uma análise por observação. Estará o robot a fazer movimentos desnecessários quando, num caso específico, poderia ir em linha reta? Está muito tempo à espera de alguma coisa?

Uma outra questão que se levanta relativamente ao tempo de ciclo ideal é se deve haver um único valor por máquina ou vários pela combinação da máquina-produto. A mesma máquina pode produzir peças diferentes e os tempos naturalmente não são iguais. Uma peça mais complexa leva mais tempo a produzir do que uma peça simples. Idealmente, seria possível medir o tempo de ciclo de cada tipo de peça em cada máquina, mas caso isto não seja possível, podem aglomerar-se os produtos em diferentes famílias (de acordo com a sua dificuldade de execução).

#### 4.4 Definições de Qualidade

Um dos princípios fundamentais da produção *Lean* é nunca deixar que uma peça com defeito passe para o processo seguinte. Tem que ser bastante claro: como é que o defeito numa peça é contabilizado no índice de qualidade? Quantas oportunidades de produzir defeito existem? Dois operadores definem igualmente um defeito?

Quanto mais as máquinas e processos forem usados em fluxos de uma peça em vez de lotes, mais fácil é identificar o problema e dar *feedback*. Deste modo, é conveniente medir o índice de qualidade em todos os passos ao longo do processo. Sendo que este índice deve considerar dois tipos de peças com defeito: as de sucata e as de retrabalho (como aliás, a Unidade de Oelsnitz já faz). Esta distinção faz sentido porque possibilita avaliar se vale a pena recuperar algumas das peças que não saíram bem à primeira.

O que acontece se os defeitos só forem detetados muito depois no processo? Numa linha de produção por vezes é difícil detetar onde ocorreu o erro. Quando a peça defeituosa sai da máquina e é logo detetada, não há grandes dúvidas sobre o cálculo do OEE, retira-se do processo e é contabilizada como uma peça não conforme no OEE da máquina que a originou; o problema é quando só se deteta posteriormente. O índice de qualidade só costuma ter em consideração as perdas de qualidade que ocorrem perto do equipamento. Uma definição mais ampla seria interessante, mas complica os cálculos e as interpretações.

Deve-se, então, reportar esse número para a máquina responsável pelo defeito, mesmo complicando os cálculos? Deve afetar na mesma o índice de qualidade das máquinas seguintes que processaram a peça? Apesar de poder parecer injusto afetar o índice de qualidade das outras máquinas, também foram usados recursos e esses gastos têm que ser notórios em algum lado. Uma peça que passou por 10 processos (e agregou vários materiais) pode e deve ter um custo imputado diferente de uma que só passou por 5. No entanto, o OEE não é o único indicador de gestão existente e não se deve complicar demasiado um indicador que se pretende que sirva os responsáveis pela produção e manutenção.

Quando não se sabe logo no dia a qualidade com que as peças saem, o período em que se calcula o OEE deve ser alargado. O índice de qualidade não deve incluir peças que estão em espera.

Uma forma de “manipular” o índice de qualidade é ignorando as perdas de qualidade. As peças que deveriam ser consideradas sucata e / ou retrabalho são contadas como peças conformes. E se o defeito só for notado no processo seguinte (ou até mesmo pelo cliente), pode nem aparecer no OEE, como era o caso dos garfos produzidos com rebarbas.

#### 4.5 Construção correspondente do OEE

Passando para os parâmetros que entram no cálculo do OEE, como é que se define o tempo de operação? É o tempo em que a produção está efetivamente a produzir algo, independentemente da velocidade e da qualidade. Dentro deste tempo pode fazer sentido ter uma anotação sobre:

- quando a máquina está a corrigir peças, ou seja, está em retrabalho;
- quando está propositadamente a funcionar a uma velocidade de produção reduzida (*output* esperado é menor) para, por exemplo, balancear uma linha.

Nenhuma destas anotações é a máquina a funcionar sobre condições normais, como tal é relevante que seja identificável facilmente.

Quanto às perdas de disponibilidade, a sugestão é criar três categorias distintas:

Falhas	Paragens	Restrições de Linha
--------	----------	---------------------

1. **Falhas** – a máquina não está a produzir devido a algum problema técnico. As categorias devem ser definidas de acordo com o processo e devem descrever o fenómeno, não a causa. Caso contrário, o OEE torna-se um sistema de registo de falha e o que se quer é que seja um sistema de deteção de perda. Por exemplo: problema na injetora, problema no molde, problema na ferramenta, etc. Escolher categorias funcionais (como problema elétrico, mecânico, pneumático) não apoia os esforços da equipa de produção multifuncional.

A distinção por categorias funcionais pode ser um complemento importante para quem escolheu o tipo de equipamento ou o contrato de manutenção por especialidades, mas não deva ser tida em conta no cálculo do OEE.

2. **Paragens** – a máquina não está a produzir porque tem que esperar por algo. Podem existir diversas causas para a máquina parar por isso é que é importante tentar definir algumas categorias que possam ser aplicadas a quase todas, com pequenas modificações e, assim, facilitar cálculos e análises. Essa sugestão de subcategorias é expressa na Tabela 9. Outro ponto importante a salientar é que a razão original para a máquina parar é a que deve ser registada.

Tabela 9 – Principais tipos de Paragens que devem ser identificadas

<i>Setup</i>	<p>Um <i>setup</i> em termos de OEE dura desde o último produto de A até ao primeiro produto de B. Ajustes e calibrações depois de um <i>setup</i> pertencem aqui e não à categoria das falhas. Exemplo: aquecer, arranque, verificação da máquina, preparação, pressurizar, esvaziar, enxaguar, esfriar, calibrar, ferramenta indisponível ... tudo isto faz parte do <i>setup</i> num exercício de SMED. O <i>standard work</i> do <i>setup</i> deve estar otimizado para redução do tempo de paragem resultante; um desvio do <i>setup</i> relativamente ao <i>standard work</i> já permite detetar necessidade de intervenção (por esta razão tem interesse saber quantos <i>setup</i> ocorreram no período, como aliás se pode ver no Anexo I.2). O estudo de um novo <i>standard work</i> impõe um SMED.</p> <p>Pode fazer-se uma distinção entre os tipos de <i>setup</i>: peça/ferramenta, material/recarga ou máquina/condições de funcionamento, cada uma com o seu <i>standard work</i>.</p> <p><b>Nota:</b> em algumas unidades do Grupo soube-se que os tempos de ciclo ideais mais longos que o suposto, estavam a esconder os</p>
--------------	--

	tempos de <i>setup</i> , ou seja, contemplavam já uma alocação de tempo média para compensar o <i>setup</i> , que desse modo fica oculto.
Sem Operador	A máquina está disponível, mas <b>não</b> está a correr porque precisa do operador. Exemplo: almoço, reunião, formação, ajudar numa outra máquina, etc.
Problemas de Qualidade	Quando a produção não está dentro das especificações de momento por causas desconhecidas e a máquina tem que ser parada, como por exemplo, má matéria-prima.
Espera <ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de Matéria-Prima</li> <li>Sem Embalagens</li> <li>...</li> </ul>	Neste bloco encontram-se as razões para paragens causadas por um <b>fraco planeamento</b> .
Manutenção Autónoma e Limpeza	Mesmo que não seja esta a causa primária para a máquina ter parado, idealmente aponta-se sempre que foi realizada, é conveniente saber o que ocorre com o equipamento.
Manutenção Preventiva	Deve ser considerada uma perda de disponibilidade que aumenta o tempo de produção, quando planeada, para haver um balanço entre o que é suficiente e insuficiente.
Recarga/Substituição	A máquina é parada para recarregar ou substituir alguma coisa. Exemplo: lâminas de corte, tintas, óleo, ...

**3. Restrições de Linha** – esta categoria é usada para revelar capacidades ou tempos de linha desequilibrados. Exemplo: não há input devido ao processo x ou bloqueado devido ao processo y.

É nesta categoria que se devem alocar as dúvidas da Unidade de Pretoria, aguardar material de uma máquina anterior que teve uma falha ou simplesmente uma linha ineficiente a jusante ou a montante.

Apesar de se ter dado o nome “linha”, não tem que ser unicamente usado em linhas de produção. Esta subcategoria pode muito bem ser usada para detetar situações desequilibradas entre máquinas que não estão tecnicamente ligadas.

E, devido a esta subcategoria de perda, pode-se fazer uma distinção entre “OEE solitário” e OEE.

O OEE Solitário, Figura 20, é aplicável em situações em que o equipamento monitorizado possui um *link* (técnico) para outros equipamentos ou processos. Assim, o equipamento é uma parte integrada de uma linha. A eficácia de tais equipamentos depende parcialmente de fatores como o equilíbrio da linha e a eficácia de outros equipamentos. *Buffer* de entrada vazio e *buffer* de saída completo são os expoentes de tais influências. Mas qual seria a eficácia do equipamento caso estivesse a executar sozinho, sem restrições do resto da linha? Para este efeito, pode-se calcular um OEE excluindo os *buffers*. O cálculo do OEE Solitário coloca o tempo de restrição de linha (normalmente considerado uma perda de disponibilidade) fora do tempo de produção, ou seja, é considerado como tempo planeado não produzir. Mas é preciso ter cuidado para não confundir com, por exemplo, falta de matéria-prima ou ausência de embalagens. Estas perdas têm como causa um fraco planeamento, não são restrições de linha.

Este fator, “restrições de linha”, não é um registo direto, mas sim uma opção do planeamento: durante o tempo que determinado equipamento esteve alocado a uma “linha” destas, houve uma perda teórica de produtividade resultante da diferença de tempo de ciclo pela quantidade de peças alocadas e da diferença de tempo de *setup*.

Relativamente ao índice de desempenho, já foi discutida qual a melhor forma de determinar o tempo de ciclo ideal. No entanto, não se concluiu nada sobre se deve ser um único valor por máquina ou vários pela combinação de máquina-produto. Na Unidade da Guarda calculavam das duas formas já que tinham ficheiros distintos, o OEE por máquina num deles e o OEE por máquina-produto no outro.

Na Figura 20 há uma distinção entre OEE e OEE Top. São iguais exceto a forma como se calcula o índice de desempenho. O OEE normal calcula-se com base na combinação máquina-produto. No OEE Top usa-se um único valor de tempo de ciclo ideal por máquina, ignorando as restrições devido à combinação produto-máquina. É usado para detetar perdas de eficácia devido à alocação de produtos escolhida. Se se verificar uma grande diferença entre um e outro, deve rever-se a combinação de produtos-máquina, uma vez que, o OEE Top deve ser o valor mais alto de velocidade possível para a máquina (o que nem sempre acontece).

O índice de qualidade, mais uma vez remetendo à Figura 20, consiste simplesmente em contabilizar a produção que sai segundo as especificações e a defeituosa, que deve ser dividida em sucata e retrabalho. Apesar de aquilo que a Guarda faz ser interessante (pormenoriza os tipos de defeitos), no sentido em que facilita a deteção de onde ocorreu o erro, em termos de OEE pode ser complicar demasiado e desnecessário.

#### 4.6 OEE de Fábrica

Todos os meses as diferentes fábricas do Grupo Sodécia reportam para a sede os seus resultados de OEE global. Utilizar estes valores como forma de comparação das diferentes fábricas não é, de todo, a melhor aplicabilidade do indicador. O valor de OEE é uma excelente medida da eficácia das máquinas, mas deve ser primariamente utilizado para supervisão interna das tendências.

Para obter o OEE de fábrica pode-se calcular a média de cada um dos índices e multiplicar essas médias (que é o que a Unidade de London atualmente faz). Contudo, este não é o melhor método. Calculando simplesmente a média, não há qualquer referência ao tempo que as máquinas estiveram em funcionamento, que pode ser completamente diferente.

O outro método é aquele que está a ser usado nas três restantes Unidades estudadas (com algumas particularidades no caso da Guarda) consiste no somatório dos tempos e quantidades produzidas e no recálculo dos índices com base nesses somatórios.

Por qualquer uma destas formas de cálculo é impossível determinar as fontes das perdas. É quase impossível dizer porque é que o sistema produziu menos partes do que teoricamente podia, uma vez que compreender as interações complexas dos processos é muito difícil. Se ainda assim se quiser fazer, por exemplo, um gráfico evolutivo do OEE de fábrica a sugestão é que se use o segundo método de cálculo, sem ter em conta as interações que existem entre os diferentes equipamentos.

A agregação da informação pode ser mais interessante se mostrar um gráfico de linhas dos equipamentos selecionados e não juntar tudo por igual. Exemplo: monitorar a evolução do OEE das prensas de *fine blanking*; senão, ter a prensa mais antiga do grupo com OEE de 100% conta tanto como o robot mais caro com OEE de 10%. Ou se permitir identificar oportunidades de melhoria em áreas de competência (manutenção, qualidade, *setup*) ou processos (prensas, robots, etc.).

## 5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Há uma grande necessidade de desenvolver medidas que suportem um comportamento de criação de valor, o que significa que todas as pessoas da organização devem ser capazes de medir, apresentar e ser premiadas por esforços que levem à redução de desperdícios nos processos. Se uma organização se prender às suas medidas de produtividade antigas destinadas à produção em massa e ao mesmo tempo tentar ser *Lean* e criar valor, será quase impossível para os trabalhadores, a diferentes níveis e com diferentes funções, mudarem os seus comportamentos e valores.

Olhar para os valores do OEE sem realmente entender as condições de produção que estão por detrás desses números, pode levar a responder de forma errada. O resultado pode ser a estimulação de um comportamento dos operadores oposto às estratégias de produção *Lean*. O risco de isto acontecer é maior quando se olha para o OEE de fábrica em vez de o OEE do equipamento, que foi para aquilo que foi originalmente concebido. Um dos pontos fulcrais deste trabalho foi perceber não só as vantagens que a medição do OEE tem, como também, quais eram as suas limitações. Limitações essas que tentam ser colmatadas por estudiosos, mas que na prática, por vezes, são demasiado difíceis de aplicar.

Um bom valor de OEE não é obtido por ter uma máquina a funcionar mais rapidamente e durante mais tempo. Deve estar em funcionamento com a velocidade adequada, disponível quando é preciso e a capacidade de produzir de acordo com os requisitos dos clientes, ou seja, o equipamento deve criar valor. Deste modo, o objetivo de OEE a atingir deve ser cuidadosamente definido, não faz sentido pensar nos 85% como o valor “correto” ou, sendo mais ambicioso, nos 100%.

Quando se fazem folhas de cálculo do OEE para diferentes fábricas, a melhor forma de o fazer é torná-las o mais individuais possível para se adequarem aos registos de produção diários. Assim, há menos problemas a preenchê-las. Isto não significa que não deva ser o mesmo cálculo, as diferentes fábricas devem medir o OEE da mesma forma ainda que o “*layout*” da folha não seja o mesmo.

Revelar problemas e compartilhá-los com os membros da equipa e departamentos numa organização com a ajuda de diagramas fáceis de ler, é a essência dos programas de melhoria, como o TPM. As informações de OEE não valem a pena se ficarem paradas em algum lado. Mesmo que se receba a análise de perda mais perfeita do mundo, não se ganha nada se não se tomar uma ação, por isso, o envolvimento da equipa é essencial.

Se a equipa de produção é “dona” do equipamento e responsável pelo carregamento, operação e manutenção adequados, qual é o papel dos gestores? O que é que um gestor deve fazer relativamente ao OEE? Enquanto a equipa de produção é responsável pela execução do trabalho

dentro de um sistema, a gerência é responsável por analisar e melhorar continuamente o próprio sistema. Por outras palavras, os gestores são responsáveis por assegurar que se veem as razões pelas quais uma equipa não pode realizar o melhor das suas habilidades, subsequentemente são obrigados a fornecer à equipa a mudança de sistema necessária.

O OEE só pode efetivamente levar a uma melhoria se o registo de perda for rastreado por um longo período de tempo para um intervalo fixo (por exemplo, por turno), a fim de revelar padrões. Após a identificação desses padrões que estão na origem da ineficácia do processo, as soluções variam de empresa para empresa e são priorizadas de acordo com a representatividade de cada perda e com os fatores prazo, exigência e custo.

Em termos de trabalhos futuros, o primeiro passo seria ir para o terreno. Tem que haver a certeza de que há um foco nas coisas certas e isso obtém-se gastando algum tempo a conhecer as restrições colocadas pelo tipo de intervenções possíveis nas diversas unidades, desde tipologias de manutenção a tipologias de equipamento e de produto. Ganhar uma boa ideia de onde realmente se deve gastar tempo e atenção e ver se as sugestões que se deram são aplicáveis ou não. Outro ponto interessante seria discutir os indicadores com as pessoas localmente, para entender o que é que elas podem fazer com eles.

Se toda a equipe de produção compreender plenamente o efeito e a abordagem do OEE, e uma cultura real de melhoria contínua for estabelecida, então a equipa pode solicitar que se comecem a coletar os dados automaticamente, como aliás já têm feito.

Pode parecer muito tentador montar no sistema vários aparelhos eletrónicos e coletar todos os dados necessários para o cálculo do OEE automático. No entanto, é preciso ter em conta que os sistemas automáticos se tornam mais complexos quantas mais perdas detetarem e quanto mais complexo o sistema, mais difícil é implementar. Por esta razão, um outro passo futuro seria visitar uma unidade que já tivesse este sistema instalado e verificar o seu modo de funcionamento. Oelsnitz seria provavelmente uma boa escolha pois não só já tem *Prodwin* instalado como, das quatro unidades analisadas, é aquela que faz uma abordagem às perdas mais semelhante com o modelo proposto.

A grande vantagem do software é que a entrada de dados não leva mais de um minuto e sem este *feedback* rápido, de envolvimento no chão de fábrica em tempo útil, o OEE pode perder o seu valor para que a equipa possa melhorar o desempenho. Ainda assim, se não se conseguir comprovar antecipadamente que o investimento neste tipo de *softwares* se paga por si mesmo ao fim de alguns meses, então deve-se ter dúvidas sobre a sua implementação nas restantes Unidades.

## Referências

- Almada-Lobo, B. (2013). Acetatos de apoio as aulas de Gestão da Manutenção – FEUP
- Belekoukias, I., et al. (2014). "The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations." *International Journal of Production Research* **52**(18): 5346-5366.
- Busso, C. and D. Miyake (2013). "Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica." *Production Journal* **23**(2): 205-225.
- Chan, F., et al. (2005). "Implementation of total productive maintenance: A case study." *International Journal of Production Economics* **95**(1): 71-94.
- Dal, B., et al. (2000). "Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis." *International Journal of Operations & Production Management* **20**(12): 1488-1502.
- Giraud, F., et al. (2011). *Fundamentals of Management Control: Techniques and principles*
- Hansen, R. C. (2001). *Overall equipment effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits*, Industrial Press Inc.
- Högfeltdt, D. (2005). *Plant efficiency: a value stream mapping and overall equipment effectiveness study*.
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M. and M. Piechowski (2016). *Practical Aspects of OEE in Automotive Company-Case Study*. Guilin: Proceedings of the 2016 International Conference on Management Science and Management Innovation.
- Jeong, K.-Y. and D. T. Phillips (2001). "Operational efficiency and effectiveness measurement." *International Journal of Operations & Production Management* **21**(11): 1404-1416.
- Jonsson, P. and M. Lesshammar (1999). "Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems-the role of OEE." *International Journal of Operations & Production Management* **19**(1): 55-78.
- Koch, A. (2003). "OEE Industry Standard." Estados unidos: Createspace.
- Koch, A. (2011). *OEE for the Production Team - The complete OEE user guide*, Makigami bv Brabantlaan 6.
- Ljungberg, Ö. (1998). "Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities." *International Journal of Operations & Production Management* **18**(5): 495-507.
- Martin, R. (2010). "The age of customer capitalism." *Harvard business review* **88**(1).
- Masaaki, I. (1986). *Kaizen: The key to Japan's competitive success*. New York, ltd: McGraw-Hill.



Muthiah, K. M. N. and S. H. Huang (2007). "Overall throughput effectiveness (OTE) metric for factory-level performance monitoring and bottleneck detection." *International Journal of Production Research* **45**(20): 4753-4769.

Nachiappan, R. M. and N. Anantharaman (2006). "Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system." *Journal of Manufacturing Technology Management* **17**(7): 987-1008.

Nakajima, S. (1988). "Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.(Translation)." Productivity Press, Inc., 1988: 129.

Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*, crc Press.

Raouf, A. (1994). "Improving Capital Productivity through Maintenance." *International Journal of Operations & Production Management* **14**(7): 44-52.

Roser, C. (2015). "How to Measure Cycle Times - Part 1." from <http://www.allaboutlean.com/measure-cycle-time-part-1/>.

Stamatis, D. H. (2010). *The OEE primer: understanding overall equipment effectiveness, reliability, and maintainability*, CRC Press.

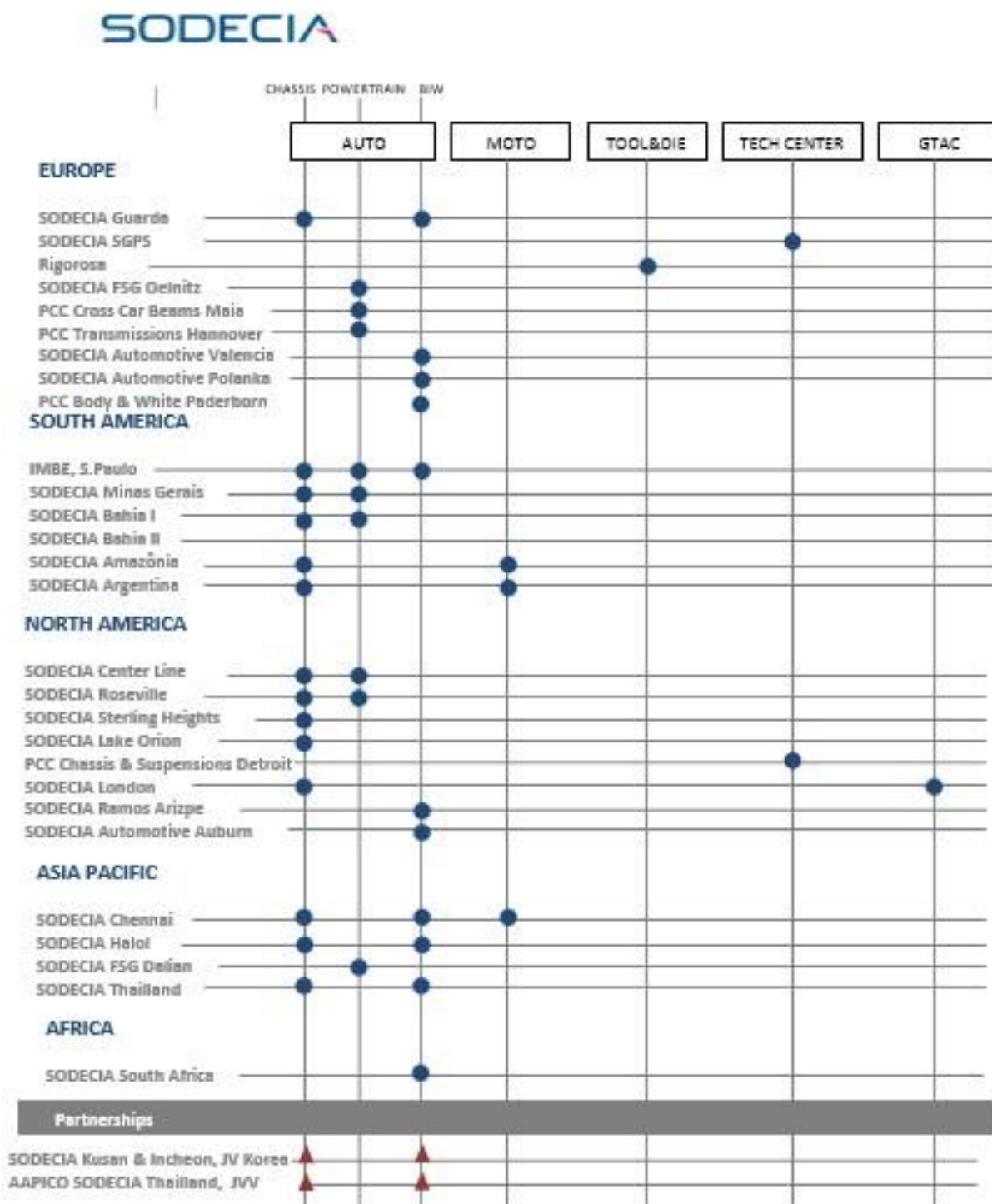
Tovão, C. (2015). "5S à portuguesa." from <https://pontotga.wordpress.com/2015/02/25/5s-a-portuguesa/>.

Womack, J. P. and D. T. Jones (1996). "Lean thinking, 1996." THIS PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK.

Wudhikarn, R., et al. (2010). Developing overall equipment cost loss indicator. *Proceedings of the 6th CIRP-Sponsored International Conference on Digital Enterprise Technology*, Springer.

Zepf, P. J. (2013). "How to Calculate Overall Equipment Effectiveness: A Practical Guide." from <https://www.automationworld.com/article/topics/oeo/how-calculate-overall-equipment-effectiveness-practical-guide>.

## ANEXO A: Sodecia - Presença Global



## ANEXO B: Cálculo do OEE quando o tempo de ciclo ideal está mal definido

### 1 – Cálculo do OEE

A. Tempo Total Disponível	480 min
B. Tempo Planeado Não Produzir	60 min
C. Tempo de Produção (A – B)	420 min
D. Perdas de Disponibilidade (ou perdas não planeadas)	120 min
E. Tempo de Operação (C – D)	300 min
F. Tempo de Ciclo Ideal	0,5 min / parte
G. Produção Total	850 partes
H. Produção Rejeitada	100 partes
I. Índice de Disponibilidade (E / C)	71,4%
J. Índice de Desempenho (F * G / E)	141,7%
K. Índice de Qualidade ((G – H) / G)	88,2%
<b>Overall Equipment Effectiveness (I * J * K)</b>	<b>89,3%</b>

### 2 - Cálculo do OEE com um índice de desempenho limitado a 100%

Índice de Disponibilidade	71,4%
Índice de Desempenho	100%
Índice de Qualidade	88,2%
<b>OEE</b>	<b>63,0%</b>

### 3 - Cálculo do OEE simplificado

<b>OEE ((G – H) * F / C)</b>	<b>89,3%</b>
------------------------------	--------------

## ANEXO C: Centros de Competência Produto (PCC)

O foco é percorrer o normal ciclo de desenvolvimento de um produto, desde a sua fase inicial de conceção e modelação gráfica tridimensional, passando pelas etapas de validação de produto, definição de processo e implementação do mesmo, fazendo uma análise crítica das soluções tecnológicas, garantindo assim o desempenho esperado do produto e ao mesmo tempo a sua rentabilidade, que irá garantir a continuidade dos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento, como se pode observar na Figura 24.

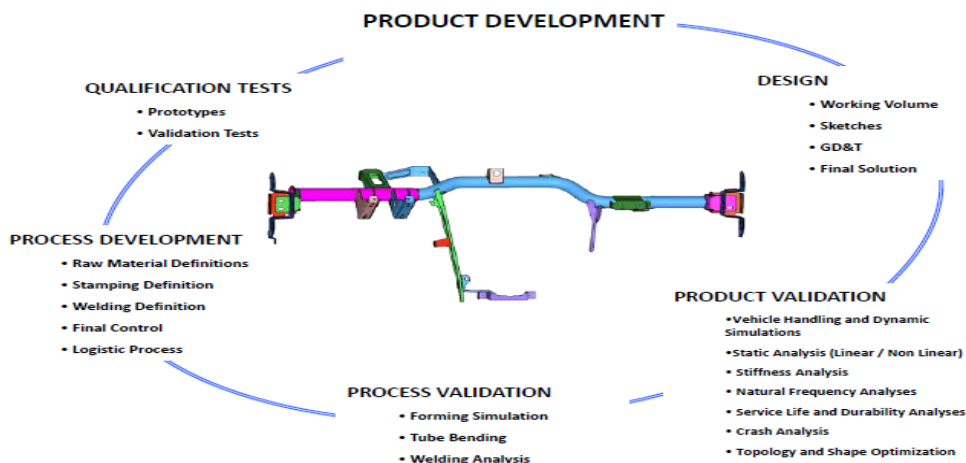


Figura 24 - Fases de desenvolvimento de um produto (Fonte: Sodécia)

Os PCC's, em conjunto com as diversas unidades do Grupo, interagem com as engenharias dos clientes e fornecedores designados, assegurando a aplicação das melhores práticas e conhecimentos em todo o processo. Cada PCC está dotado de um conjunto de ferramentas e especialidades distribuídas por áreas como a Engenharia de Produto, a Engenharia de Processo, a Engenharia de Materiais, entre outras e ainda das mais modernas ferramentas de engenharia como "*Computer Aided Design*" (CAD) e "*Computer Aided Engineering* (CAE)". Contam ainda com laboratórios para testes e qualificação dos produtos.

A Engenharia de Produto tem como responsabilidade a definição e integração dos vários elementos técnicos (geometrias, requisitos, normativas) de modo a assegurar a funcionalidade do produto final. Conta para isso com as ferramentas de CAD, permitindo uma modelação, num ambiente virtual, das soluções desenvolvidas, incluindo a respetiva visualização gráfica e interações com a envolvente.

No caso da Engenharia de Processo, a sua atuação está centrada na detalhada definição do processo de fabrico, tirando partido das soluções mais vantajosas, tanto do ponto de vista técnico como económico, sempre levando em consideração o *know-how* adquirido na produção atual, bem com garantir que casos de pouco sucesso não voltem a ser implementados nas unidades produtivas.

As ferramentas de CAE estão disponíveis e são essenciais no apoio à tomada de decisão. Tanto a validação virtual, que em termos de análise estrutural permite avaliar a solução desenvolvida face aos seus requisitos de utilização, como a simulação de processo, que permite aferir da exequibilidade da geometria, reproduzindo para isso os processos selecionados, são usados intensivamente, antecipando e evitando potenciais problemas que apenas seriam detetados em produção.

Os laboratórios estão equipados com máquinas e equipamentos específicos para cada produto, o que permite executar os testes de validação e qualificação, de forma a não só garantir o sucesso do projeto ao nível do produto com a análise dos resultados alcançados nos requisitos mecânicos, mas também garantir que o processo é capaz de produzir e garantir a repetibilidade destas características.

## ANEXO D: *Tool & Die* - A Rigorosa

A Rigorosa, fundada em 1973 e adquirida pelo Grupo em 2006, é uma ferramentaria que atua no mercado mundial, oferecendo aos seus clientes uma proposta de serviço completo, desde a conceção e projeto, à construção, validação e início de produção, de ferramentas fiáveis e de alta qualidade para produção massiva de componentes estampados nas indústrias de automóveis, eletrodomésticos e equipamentos eletrónicos. O seu core-business são as ferramentas progressivas, “*Transfer*” e “*Trog*” de média e elevada complexidades.

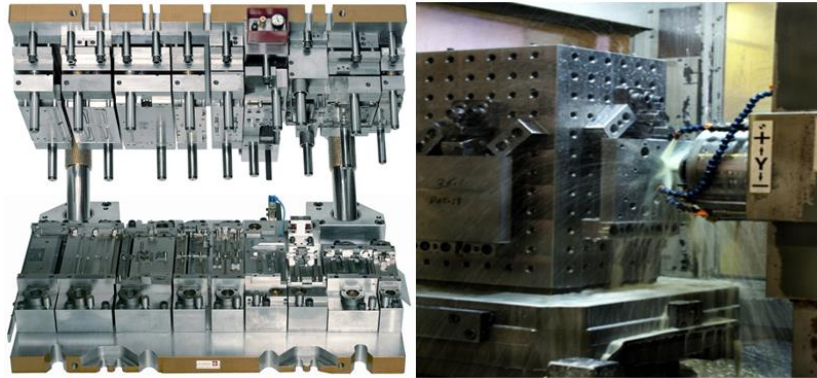


Figura 25 - Exemplos de ferramentas da A Rigorosa (Fonte: Sodecia)

O “*know-how*” acumulado, as tecnologias avançadas e a organização e experiência dos mais de 40 anos, fazem A Rigorosa uma empresa líder no negócio das ferramentas de estampagem e um marco na sua esfera de atuação na Europa.

Esta Unidade está neste momento a liderar um plano estratégico em conjunto com as ferramentarias dos Grupos Industriais recentemente adquiridos (Kemmerich em 2016 e Fontana em 2017), bem como com os PCC’s, no sentido de absorver outro tipo de conhecimentos e capacidades na área de negócio onde atua e em outros mercados onde as necessidades da Sodecia são emergentes (exemplo: protótipos e moldes).

Em 2015 A Rigorosa iniciou também os primeiros passos na construção de ferramentas e *spares* de “Corte Fino” onde as tolerâncias e precisão de projeto e maquinação são bastante superiores à estampagem a frio convencional.

Uma equipa dedicada de “*Tooling Procurement*”, integrada na equipa de cada projeto, é responsável pelo processo de “*Tooling sourcing*”, definindo a solução final e assegurando o desenvolvimento e acompanhamento da ferramenta até à etapa final – *Milestone*: Aprovação Industrial.

## **ANEXO E: Centro de Automação Técnica Global (GTAC)**

O Grupo Sodecia incorpora uma operação no Canadá, totalmente dedicada ao desenvolvimento, construção e instalação de linhas de montagem final. A experiência acumulada, principalmente na automatização dos processos de soldadura, resulta de mais de uma década de desenvolvimento da operação industrial na região.

Esta equipa atua como parte integrante de cada equipa de projeto existente no Grupo durante as várias fases do processo de desenvolvimento. Como processo de transferência tecnológica e implementação das melhores práticas, para cada projeto desenvolvido a respetiva unidade de negócios desloca alguns colaboradores devidamente qualificados para esta operação. Aqui, estes colaboradores irão ser treinados nos processos de resolução de problemas, manutenção e melhoria contínua, ao mesmo tempo em que participam em todo o processo de construção do equipamento.

Adicionalmente, e como forma de acelerar a curva de aprendizagem das equipas, tanto nos produtos como nos processos futuros nas suas unidades, a produção de protótipos e pré-series tem sido concentrada nesta operação.

À data de hoje, várias linhas produtivas estão já espalhadas no Grupo, com muito bons resultados. As unidades de Camaçari (Brasil), Halol (Índia) e Ramos Arizpe (México) são alguns bons exemplos de sucesso.



Figura 26 - Exemplo de uma linha de montagem do GTAC (Fonte: Sodecia)

## **ANEXO F: Questões colocadas às diferentes Unidades**

1. What are the formulas used to calculate the OEE?
2. Which products are produced in this unit/factory?
3. Is there any line or machine dedicated to produce only one type of product? Which one?
4. If the machine is designed to produce multiple products... what is the average number of setups per day?
5. What is the percentage of global OEE of the last 4 months (January, February, March, April)?
6. The OEE is always calculated per machine? Or per line?
7. How do you define the planned production time?
8. What do you consider unplanned stops and planned stops? Are the planned stops monitored somewhere?
9. All the data is taken manually by the operator? How often? Hourly?
10. How do you define the target of OEE? Always better than in the previous day?
11. How often do you change the standard cycle time? How did you define it?
12. Is it usual to have values of performance higher than 100%?
13. If you work extra hours do you show it in your OEE? In what way?
14. How do you calculate the OEE of the entire factory? Is it the average of OEE's? If it is other, please explain.

## **ANEXO G: Listagem do equipamento da Unidade da Guarda**

- Três Prensas Arisa de 2500 KN (250 Ton.) de força, de 2 bielas, embraiagem e travões pneumáticos, comando por rodas excêntricas e controlo numérico;
- Uma Prensa Fagor de 6300 KN (630 Ton.) de força, de 2 bielas, embraiagem e travões pneumáticos, comando por rodas excêntricas e controlo numérico;
- Prensas mecânicas - O parque destas máquinas é composto por Prensas de (30 Ton., 45 Ton., 65 Ton., 120 Ton. e 170 Ton.) de força;
- Seis Prensas Hidráulicas - o parque destas máquinas é composto por Prensas desde as (10 Ton. até às 160 Ton.) de força;
- Quatro Prensas Soldadura por Resistência;
- Linha de tratamento de superfícies por aspersão com fosfatação a ferro e passivação;
- Linha de lavagem automática com inibição, desengorduramento, lavagem e secagem de peças metálicas;
- Cinco Células Robotizadas de soldadura - duas das células estão equipadas com 2 Robots que trabalham em simultâneo e três células com um único robot cada;
- Várias células de soldadura manual MIG/MAG;
- Duas máquinas de dobrar tubo;
- Máquina de polimento por abrasivos;
- Quinadora Hidráulica;
- Guilhotina Hidráulica;
- Rebitagem;
- Cravação;
- Sistemas hidráulicos de furação em tubos.



### Registo de Peças Produzidas

### Registro de Paragens (em minutos)

[illegible]

Registo de peças NOK	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	
74	
75	
76	
77	
78	
79	
80	
81	
82	
83	
84	
85	
86	
87	
88	
89	
90	
91	
92	
93	
94	
95	
96	
97	
98	
99	
100	

		Total																				
Geral	Tubo Hexagonal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
	Controlador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
	Platina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
	Fork A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
1/5 e 2/4	Arm Plate 1/5 e 2/4 L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
	Link Plate 1/5 e 2/4 L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
	Link Plate 1/5 e 2/4 R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
3/7	Arm Plate 3/7 e 6/R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
	Reforço 3/7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
	Link Plate 3/7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
6/R	Fork R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
	Reforço-Platina 6/R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
	Link Plate 6R LH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp
	Link Plate 6R RH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	EInsp

Legenda:

**X** - componente NOK (process o)

**F** - componente NOK devido ao Fornecedor

#### Observações

[illegible]

Validado Pelo Responsável

SODECIA		RELATÓRIO DE PERFORMANCE							posto:	turno:	equipa:	data:																											
									INJEÇÃO	1º turno		____/____/____																											
QUANTIDADE PRODUZIDA TOTAL POR REFERÊNCIA																																							
Nº Operador	Referência	51480400	51480401	51480403	51480405	51480404	51480402																																
Peça	Fork A	Fork R	Piston	Conn. Lower	Conn. Upper	R. Housing																																	
Cadência teórica	310 / h	310 / h	2.504 / h	565 / h	565 / h	569 / h																																	
Quantidade Inicial																																							
07h00																																							
08h00																																							
09h00																																							
10h00																																							
11h00																																							
12h00																																							
13h00																																							
14h00																																							
15h00																																							
TOTAL																																							
CÁLCULO DO OEE																																							
Tempo de Abertura		$\text{Tempo de Abertura} = 430 \text{ min} - \text{Tempo de Trabalho nas Pausas}$							min ( A )																														
Paragens Planeadas		(total de minutos de Paragens Planeadas)							min ( B )																														
Tempo de Produção		( A - B )							min ( C )																														
Paragens Não Planeadas		(total de minutos de Paragens Não Planeadas)							min ( D )																														
Tempo Efectivo de Produção		( C - D )							min ( E )																														
Disponibilidade		$( E / C ) \times 100$							, %		88,0%																												
Performance		$( 60 \times \text{Quant. em horas} / E ) \times 100$							, %		97,0%																												
Qualidade		$( \text{OK} / ( \text{Total} - \text{ensaios} ) ) \times 100$							, %		99,5%																												
OEE		$\frac{\text{Disponib.} \times \text{Perform.} \times \text{Qualid.}}{100 \quad 100 \quad 100}$							, %		85,0%																												
RESUMO DA PRODUÇÃO																																							
Quantidade Total																																							
Quant. Total (peças)																																							
Quant. em horas (peças / cadência)																																							
Quantidade NOK																																							
Quant. NOK (ensaio máquina)																																							
Quant. NOK (defeitos)																																							
Quantidade OK																																							
Quant. OK																																							
Objectivo																																							
OBSERVAÇÕES																																							
A																																							
B																																							
C																																							
D																																							
E																																							
F																																							
Validação pelo Responsável: _____																																							
REGISTO DE DEFEITOS																																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
FORK A	Matéria Prima NOK	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	Rejeição da máquina (arranque, ensaios, ...)	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	Oxidação / Aspecto Visual NOK após injeção	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
FORK R	Matéria Prima NOK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	Rejeição da máquina (arranque, ensaios, ...)	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	Oxidação / Aspecto Visual NOK após injeção	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
CON. LOWER	Rejeição da máquina (arranque, ensaios, ...)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	Injeção NOK	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	Injeção NOK	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
CON. UPPER	Rejeição da máquina (arranque, ensaios, ...)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	Injeção NOK	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	Injeção NOK	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
PISTON	Rejeição da máquina (arranque, ensaios, ...)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	Injeção NOK	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	Injeção NOK	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
PURGAS	PA 6.6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	PEEK CA	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	Injeção NOK	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
RET. HOUSING	Rejeição da máquina (arranque, ensaios, ...)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	Injeção NOK	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	Injeção NOK	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76

## ANEXO I: Guarda - *Excel* Diário

**ANEXO I.1** – Quantidade de peças produzidas (conformes e não conformes) numa máquina de injeção em 3 turnos diferentes, onde no final do dia é feito um somatório desse número que permite calcular o índice de qualidade. A produção total ou real é transformada em minutos (Tempo de Ciclo Ideal × Produção Total), para posteriormente ser usada no cálculo do índice de desempenho.

### INJEÇÃO - Máquina 1

PEÇAS PRODUZIDAS	1T			2T			3T			DIA		
	OK	NOK	Total	OK	NOK	Total	OK	NOK	Total	OK	NOK	TOTAL
Fork A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fork R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piston	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Con. Lower	0	0	0	0	0	0	1280	0	1280	1280	0	1280
Con. Upper	312	0	312	0	0	0	2248	12	2260	2560	12	2572
Retention H.	2088	12	2100	4496	28	4524	0	0	0	6584	40	6624
Total produzido	2400	12	2412	4496	28	4524	3528	12	3540	10424	52	10476
Prod.real em minutos	254			477			376			1107		

Nos registos de produção é observável distinções no porquê de as peças não terem saído conformes com as especificações (“Peças NOK”), ainda que essas distinções não sejam usadas no cálculo do OEE.

PEÇAS NOK		Fork A	Fork R	Piston	Con.Lower	Con.Upper	Retention H.	
1T	Matéria prima	0	0	0	0	0	0	0
	Rej Maq.(ens/arranq.)	0	0	0	0	0	12	12
	Oxidação / Injecção NOK	0	0	0	0	0	0	0
2T	Matéria prima	0	0	0	0	0	0	0
	Rej Maq.(ens/arranq.)	0	0	0	0	0	28	28
	Oxidação / Injecção NOK	0	0	0	0	0	0	0
3T	Matéria prima	0	0	0	0	0	0	0
	Rej Maq.(ens/arranq.)	0	0	0	0	12	0	12
	Oxidação / Injecção NOK	0	0	0	0	0	0	0
DIA	Matéria prima	0	0	0	0	0	0	0
	Rej Maq.(ens/arranq.)	0	0	0	0	12	40	52
	Oxidação / Injecção NOK	0	0	0	0	0	0	0
Total NOK		0	0	0	0	12	40	52

**ANEXO I.2** – Esta tabela contabiliza os tempos planeados e não planeados produzir por turno, com o acrescento dos trabalhos nas pausas que basicamente é aquilo a que se chama “horas extras” e devem ser somados ao tempo de produção. No final do dia somam-se os tempos dos 3 turnos e o índice de disponibilidade é calculado com base nestes tempos.

nº de setups		1	0	1	2
PARAGENS		1T	2T	3T	DIA
Trabalho nas Pausas	Pausa 1	0	30	0	30,0
	Pausa 2	0	10	15	25,0
Planeadas	DDS / DDQ / TPM	0	0	0	0,0
	Outros (indicar nas obs.)	35	0	15	50,0
Não Planeadas	Setup	120	0	70	190,0
	Ensaio de Validação	0	0	0	0,0
	Lubrificação do molde	0	3	0	3,0
	Prob. Injectora (indicar nas obs.)	0	0	0	0,0
	Prob. Molde (indicar nas obs.)	0	0	0	0,0
	Falta de abastecim	0	0	0	0,0
	Outros (indicar nas obs.)	30	0	0	30,0
	<b>Tempo Total de Paragem (min)</b>	<b>150,0</b>	<b>3,0</b>	<b>70,0</b>	<b>223,0</b>
Observações					

**ANEXO I.3** – Esta tabela consolida os diferentes tempos e calcula os diferentes índices e OEE por turnos e dia, sempre com um objetivo fixo que só varia de acordo com a máquina que se está a observar. Os índices e o OEE do dia não resultam da média dos índices e dos OEE's dos diferentes turnos, mas do somatório dos diferentes tempos do dia e recálculo de cada índice (exemplo: índice de disponibilidade é igual a 1112 a dividir por 1335 o que resulta em 83,3%).

INDICADORES OPERACIONAIS					Objectivo
	1T	2T	3T	DIA	
Peças produzidas em minutos(min)	254	477	376	1107	
Tempo de Abertura	480	480	480	1440	
Tempo de Produção	405	480	450	1335	
Tempo Efectivo de Produção	255	477	380	1112	
<b>Tempo de setup (min.)</b>	<b>120</b>	<b>0</b>	<b>70</b>	<b>190</b>	<b>90</b>
<b>% Disponibilidade</b>	<b>63,0%</b>	<b>99,4%</b>	<b>84,4%</b>	<b>83,3%</b>	<b>89,9%</b>
<b>% Performance</b>	<b>99,7%</b>	<b>99,9%</b>	<b>98,9%</b>	<b>99,5%</b>	<b>97,1%</b>
<b>% Qualidade</b>	<b>99,5%</b>	<b>99,4%</b>	<b>99,7%</b>	<b>99,5%</b>	<b>99,7%</b>
<b>ppm</b>	<b>4975</b>	<b>6189</b>	<b>3390</b>	<b>4964</b>	<b>2800</b>
<b>% OEE</b>	<b>0,62486</b>	<b>98,7%</b>	<b>83,3%</b>	<b>82,5%</b>	<b>87,0%</b>

Sabendo que o tempo produção é o tempo de abertura menos o somatório das paragens planeadas mais o somatório do trabalho nas pausas, os valores obtidos de tempo de produção deveriam ser: primeiro turno 445 (480 – 35) em vez de 405 minutos; segundo turno 520 (480 + 30 + 10) em vez de 480; e o terceiro turno 480 (480 – 15 + 15) em vez de 450.

**ANEXO I.4** – No final de cada dia, há uma tabela que consolida os índices e OEE de todas as máquinas. Mais uma vez, o global do processo não é calculado com base em médias, mas recalculando os índices com base nos somatórios dos tempos.

INDICADORES OPERACIONAIS CONSOLIDADOS										
	T. Abertura	T. Produção	T. Efectivo de Produção	Peças produzidas por minuto	Peças Produzidas	Peças NOK	% Disponibilidade	% Performance	% Qualidade	% OEE
INJECCÃO - Máquina 1	1440	1119	1001	1000	29228	188	89,5%	99,9%	99,4%	88,8%
INJECCÃO - Máquina 2	1440	1494	1404	1393	7200	32	94,0%	99,2%	99,6%	92,8%
SOLDADURA	1440	1281	1271,3	1253	4670	86	99,2%	98,6%	98,2%	96,0%
BUFFOLI	1440	1255	1080	1063	4430	42	86,1%	98,4%	99,1%	83,9%
MAQUINAÇÃO, RPE, CALIBRAÇÃO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4405	56	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
ASSEMBLY - st 20 até st 70	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	13210	78	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
ASSEMBLY - ST 80	1440	1294	1192	1178	2184	328	92,1%	98,8%	85,0%	77,3%
CONTROLO 100% + 200%	1440	1270	1270	1108	4360	246	n.a.	87,3%	94,4%	n.a.
<b>GLOBAL DO PROCESSO</b>	<b>7200</b>	<b>6443</b>	<b>5948</b>	<b>5887</b>	<b>69687</b>	<b>1056</b>	<b>92,3%</b>	<b>99,0%</b>	<b>98,5%</b>	<b>90,0%</b>

O processo Maquinação + RPE + Calibração, foi considerado como fazendo parte integrante da Soldadura, isto é trabalha em linha com a soldadura. Portanto, o seu tempo de produção é o mesmo que o da soldadura e, por essa razão, não é somado. O processo Assembly st20 até st70, de forma parecida com o anterior, foi considerado como parte integrante do Assembly st80 e daí ter o mesmo tempo de produção.

No Controlo 100% e 200% contabiliza-se o tempo de produção, numa perspetiva de seguir a performance e taxa de rejeição desse processo de forma isolada. Trata-se de um posto de controlo manual e apenas se pretende seguir a performance dos operadores. A soma do consolidado do tempo de produção de toda a linha, não vai buscar esse valor para o cálculo do tempo de produção total da linha. Só se conta o OEE nos processos que têm equipamentos agregados e se possa calcular a Disponibilidade x Performance x Qualidade. O tempo do 100%+200% não entra, pois só seguem Qualidade e Performance.

Relativamente às quantidades NOK e quantidades Produzidas, somam todas as quantidades da linha como um todo, para dar o valor real de peças perdidas e por sua vez isso influenciar o OEE consolidado também.

ANEXO J: London - *Excel* Diário

Overall Equipment Effectiveness (OEE)														
Midnight Shift														
Cell	Plant Operating Time (hours)	Plant Operating Time	Planned Break Relief	Planned Production Time	Downtime	Actual Operating Time	Availability	PPH	Expected Parts Produced	Actual Parts Produced	Performance	Defects Produced	Quality	Overall Equipment Effectiveness
Plenum	8	480		450	40	410	91.1%	75	513	483	94.2%	0	100%	85.9%
RH Wheel Housing	8	480		450	13	437	97.1%	81	590	568	96.3%	0	100%	93.5%
LH Wheel Housing	8	480		450	35	415	92.2%	81	560	572	102.1%	0	100%	94.2%
LH Pillar Inner	8	480		450	12	438	97.3%	82	599	608	101.6%	0	100%	98.9%
RH Pillar Inner	8	480		450	196	254	56.4%	82	347	348	100.2%	0	100%	56.6%
RH Pillar Outer	8	480		450	49	401	89.1%	71	475	466	98.2%	0	100%	87.5%
LH Pillar Outer	8	480		450	33	417	92.7%	71	493	475	96.3%	0	100%	89.2%
Rocker	8	480		450	66	384	85.3%	71	454	470	103.4%	0	100%	88.3%
Seat Springs	5.3	318		318		318	100.0%	160	848	844	99.5%	0	100%	99.5%
Roof Rails	7	420		420		420	100.0%	144	1008	1020	101.2%	0	100%	101.2%

## ANEXO K: Oelsnitz - *Excel* Diário

month	cw	Ident No	artitel-Nr	description
1	1	23206	EDQ.23200.020	ZSB Schaltgab.2/4 0AM.311.559.C
1	1	23098	EDQ.23100.040	ZSB Schaltgab.1/3 0AM.311.549.C

Date	shift	processstep	Nr.	^description
02/01/17	2	Kunststoffspritzen	5483	Spritzgießmaschine DQ 200
02/01/17	2	Messen / Handrichten	5435	3D-Messanlage DQ200 - Hafne

okay	scrap	rework	runtime	downtime	100% Eff according cycle time	setup
1 600	55	0	7,50	0,00	240	
730	5	0	7,50	0,00	119	
					calculated	

Break	waiting time	no operator	machine break down	tool break down	quality issue material	no material

manual input from shift leader / lineleader

quality issue dimension	comments	Efficiency	FTT	Availability	OEE	parts to produced 100% Eff.
		91,94%	96,68%	100,00%	88,89%	1800,0
		82,08%	99,32%	100,00%	81,52%	895,5
		calculated	calculated	calculated	calculated	calculated